はじめに

「地学基礎」とは何を学ぶ科目でしょうか。岩？　地層？　天気？　宇宙？　それとも地震や火山？　何を最初に浮かべるかは人によって違うでしょうが，これらはすべて正解です。扱われる内容という点では，理科基礎の中で「生物基礎」と並んで幅が広い部類に入るでしょう。

幅が広い，という特徴のある「地学基礎」ですが，その基本的な内容は中学校までの理科で学んでいるものがほとんどです。そのため，「中学理科みたいなものだから楽勝」と感じる人もいるようです。でも，中学校までの理科をすべて理解し，覚えているかと言われると，自信がない気もしますよね。

この「ベーシックレベル地学基礎」は，そんなあなたのためにあります。この講座は，高等学校「地学基礎」の初学者であることはもちろんのこと，中学校までの理科や数学があまり得意ではなかった，ということも前提として作られているのです。具体的には，次のような特徴があります。

- 全範囲を扱うが，細分化されているため１パートあたりの内容は少ない
- 紹介する単語は特に重要なものに絞られているため，数が少ない
- 図や写真が豊富で，内容がイメージしやすい
- 関連事項がテキスト各ページの右側についていて，復習しやすい
- 地学基礎に関連する数学や理科のまとめがある（第 12 講）

できるだけ無理なく学習を進められるようなつくりになっていますので，ゆっくり進めていきましょう。

なお，「地学基礎」の学習は，次のような３ステップで進めていくことが大切です。

１．各単元の理論や時間の流れなど，大まかな背景を理解する
２．（１.にでてきた）重要な単語を覚える
３．１.を深めるための問題演習や，２.に含まれなかった単語の学習を進める

これらのうち，「ベーシックレベル地学基礎」はおもに１と２に対応しています。本講座で基礎をしっかりと作り，次のステップにつなげていきましょう。

野津　太一

講義の受け方

受講対象

おもに「地学基礎」を初めて学ぶ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　基本的な知識や重要事項を学習します。短い動画があります。
- **演習問題**　講義の内容に関連した演習を行います。短い動画があります。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を復習するための問題です。

学習の流れ

- **「講義」前の予習**　基本的に不要です。
- **授業（「講義」）**　「講義」の動画で学びましょう。
- **「演習問題」前の予習**　できる範囲で，演習問題に取り組んでみましょう。
- **授業（「演習問題」）**　「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

「講義」の学び方

テキスト本文の一部が選択形式，まとめの一部が穴埋め形式になっています。授業を受けながら書き込んでいき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

「演習問題」の学び方

「講義」の内容に沿った知識の確認の問題もありますが，図やグラフの読み取りを行う問題や，実験を行う問題など，探究活動に関連した問題も収録しました。少し時間のかかるものもありますが，理解を深めるために，自分で取り組んでみるとよいでしょう。

「確認テスト」の学び方

「確認テスト」は基本的な重要事項を確認するための問題です。できなかったところは，「講義」や「演習問題」の復習をしてから再挑戦しましょう。

< Note >

目次

第1講 地球の形と大きさ
PART1 球体としての地球
PART2 「つぶれた」球としての地球
PART3 地球内部の層構造

第2講 プレートテクトニクス
PART1 リソスフェアとアセノスフェア
PART2 世界の大地形とプレート境界
PART3 日本列島とプレート
PART4 マントルのプルーム
PART5 プレートテクトニクス(まとめ)

第3講 火山
PART1 火成岩と鉱物
PART2 火成岩の分類
PART3 火山の形
PART4 世界の火山
PART5 マグマのでき方【発展】
PART6 日本列島の火山

第4講 地震
PART1 地震と断層
PART2 地震波とその伝わり方
PART3 日本列島の地震
PART4 世界の地震

第5講 堆積岩と変成岩
PART1 堆積岩とその分類
PART2 堆積構造
PART3 流れの速さと粒子の動き
PART4 流水による地形と堆積物
PART5 変成作用と変成岩
PART6 岩石サイクル

第6講 地球の熱収支
PART1 大気の成分と気圧
PART2 大気の構造
PART3 放射のつり合い
PART4 温室効果
PART5 潜熱

第7講 大気と海洋
PART1 高気圧と低気圧
PART2 大気の大循環
PART3 海水と海流
PART4 海洋の深層循環と層構造
PART5 南北熱輸送

第8講 宇宙と地球の誕生
PART1 宇宙の誕生
PART2 太陽系の誕生
PART3 太陽系の惑星

第9講 地球と生命の進化
PART1 地層や岩石のできた順序
PART2 地質時代
PART3 先カンブリア時代の地球環境
PART4 古生代・中生代の生物
PART5 大量絶滅
PART6 新生代の生物
PART7 地球環境の進化と変動

第10講 現在の地球環境の変動
PART1 エルニーニョ現象
PART2 地球温暖化
PART3 地球環境問題

第11講 日本の自然環境と災害
PART1 日本の冬
PART2 日本の春
PART3 日本の梅雨
PART4 日本の夏
PART5 日本の秋
PART6 日本の火山災害
PART7 日本の地震災害
PART8 ハザードマップ
PART9 日本列島と自然の恵み

第12講 地学基礎のための基礎知識
PART1 地学基礎のための数学
PART2 地学基礎のための物理
PART3 地学基礎のための化学
PART4 地学基礎のための生物

第1講　地球の形と大きさ

PART1 球体としての地球

目標　地球が平面でなく球体であることを，根拠を挙げて説明できる。

Chapter1　球体としての地球

1　地球の大きさ　復習

・**地球のおよその大きさ（中学理科）**

地球は半径が**約6400km**の球

大気のうち雲のできる層（対流圏）の厚さは約 10km

ここがPOINT

地球の大気の層はとても薄く，私たちのふだん生活している部分はさらにその一部分！

2　地球はまるい？

20 世紀中ごろから多くの人工衛星が打ち上げられ，惑星探査機からも球としての地球の写真が撮影されています。

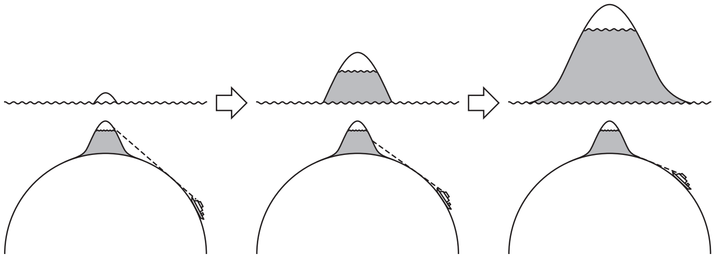
→　空や宇宙空間に飛び出さずに，地球が「球」だと知ることはできるでしょうか？

講師からのMessage

2000 年以上前の古代ギリシャでは，地球が球であるという考え方が一般的になっていました。世界一周も行われず，飛行機もなかった時代に地球が「球」だと気づいたのはすごいことですね！

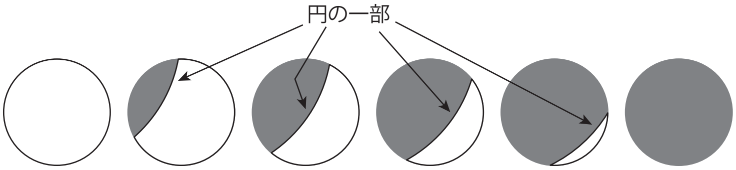
・**山の見え方**

遠くの山に近づくと，（ふもと / 頂上）から順に見えてくる。



・**月食の見え方**

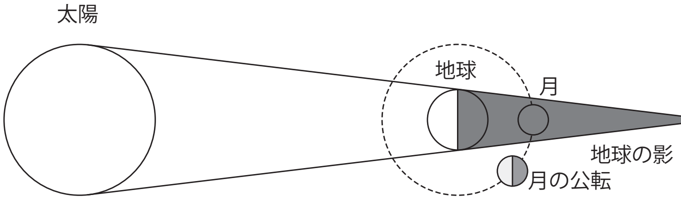
月食のとき,明るい部分と欠けている部分の境目は（円 / 直線）の一部になっている。



復習

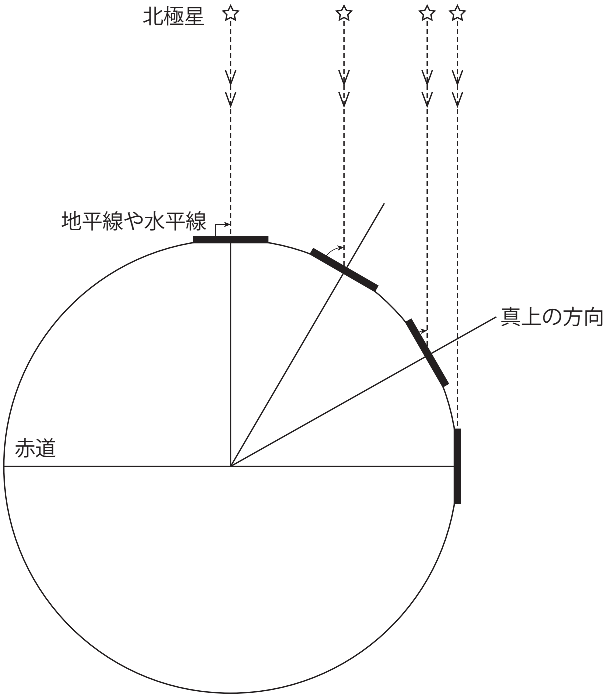
月食（中学理科）

太陽—地球—月がこの順に一直線上に並び，地球が太陽の光をさえぎって月を隠す現象。月が欠けて見えるのは，地球の影が映っているからです。



・ **北極星の見え方**

　北極星の高度は，赤道から北に向かうと（高く / 低く）なっていく。



知っておこう

天体の高度

太陽や星の高度は，地平線や水平線から上向きに測った角度（仰角（ぎょうかく））で表します。

　なお，太陽や星などの天体はとても遠くにあるので，地球上のどの地点に対しても天体からの光は平行に入ってくると考えてかまいません。

まとめ

地球がまるいことは，

・遠くの山に近づくと＿＿＿＿＿から順に見えてくること

・月食のとき，明るい部分と欠けている部分の境目は＿＿＿＿＿の一部になっていること

・北極星の高度は，赤道から北に向かうと＿＿＿＿＿なっていくこと

などから推測できる。

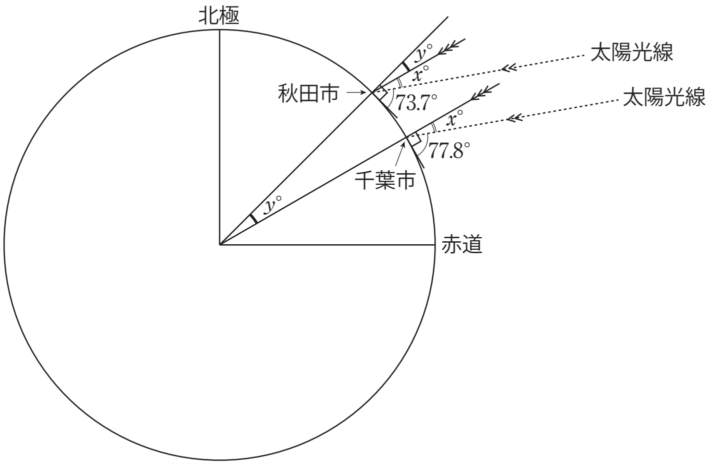
Chapter2　演習問題

□　エラトステネスの方法

エラトステネスは，現在から2000年以上前の紀元前230年ごろ，地球の周囲の長さを求めました。エラトステネスと同じ考え方で，地球の周囲の長さを計算してみましょう。

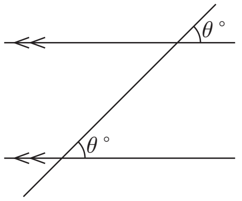
問題(1)　千葉市で夏至の日の正午に太陽の高度を測定したところ，77.8°でした。また，そのほぼ真北にある秋田市で同じ日の正午に太陽の高度を測定したところ，73.7°でした。

2地点がほぼ南北にあることから，次の図のように地球の断面図を描くことができます。図の x° と y° を求めましょう。この y° が，2地点の緯度の差です。



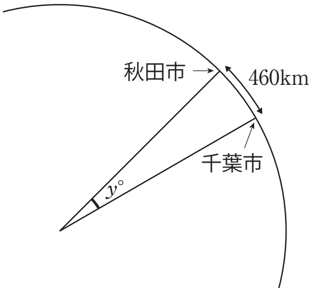
復習

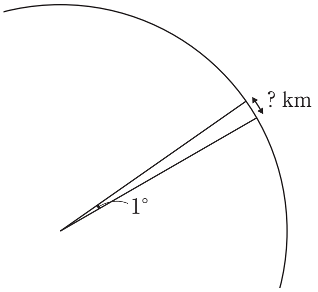
同位角（中学数学）
平行な2直線に別の直線が交わっているとき，下の図の θ° は等しくなっています。



左の図で2つの y° が等しいのは，2つの角が同位角だからですね。

問題(2) 千葉市と秋田市の間は460km 離れています。次の図を参考にして，緯度差1°あたりの距離を求めましょう。結果は一の位を四捨五入して答えましょう。





「～あたり」という割合の考え方が苦手な人は，第12講の「地学基礎のための数学」もチェック！

問題(3) (2)の結果を用いて，地球1周が何kmか求めましょう。

ここがPOINT

緯度差1°あたりの距離がL km なら，緯度差a°あたりの距離は（$L \times a$）km と表せます！

第1講　PART1　確認問題

問1　2000 年以上前の古代ギリシャでは，地球が球体であるという考え方が一般的になっていた。地球が球体である証拠として，次の 3 つの事例が挙げられる。

・船で沖合から陸地に近づいていくと，遠くの山は，（　ア　）から見えてくる。

・月食のとき，a月の明るい部分と暗い部分の境界線が，（　イ　）の一部に見える。

・地球から見たb北極星の高度は，赤道から北極に向かうにつれて，（　ウ　）。

実際に，20 世紀に入って人工衛星が打ち上げられ，宇宙から地球を観測できるようになり，地球が球体であることが確認できるようになった。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　ふもと　　②　頂上

(2)　文章中の下線部 a について，月食のときの月の暗い部分は何を表しているか。最も適当なものを次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　太陽と反対側にあり，光の当たらない部分

②　太陽の光を地球がさえぎってできた影

(3)　文章中の（　イ　）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　直線　　②　折れ線　　③　放物線　　④　円

(4)　文章中の下線部 b について，日本国内の東経 135°，北緯 35°の地点から見た北極星の高度は何度になるか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　25°　　②　35°　　③　45°　　④　55°

(5)　文章中の（　ウ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　高くなっていく　　②　低くなっていく　　③　変わらない

＜ Note ＞

PART2「つぶれた」球としての地球

目標　地球を表す回転楕円体の赤道半径と極半径の違い，偏平率について説明できる

Chapter1　「つぶれた」球としての地球

1　地球は本当にまんまるか？

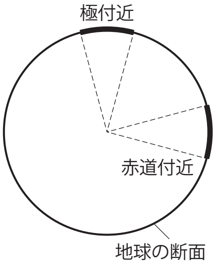
PART1 では，地球が球体であることを確認しました。しかし，惑星探査機の撮影した土星の写真を見ると，土星は完全な球ではなく，少しつぶれた形に見えます。地球は本当に完全な球なのでしょうか。

→　宇宙空間に飛び出すことなく，地球が「完全な球」であるかどうかを知ることはできるでしょうか？

講師からのMessage
地球が大まかにいって球であることは 2000 年以上前からわかっていたけれど，完全な球ではないことが確かめられてからはまだ 300 年も経っていません。それくらい，地球は球体に近いともいえますね。

・**地球の断面が完全な円だったら**

断面図における地表の曲がり方が赤道付近と極付近で同じになり，それを表す円の半径も同じになるはず。

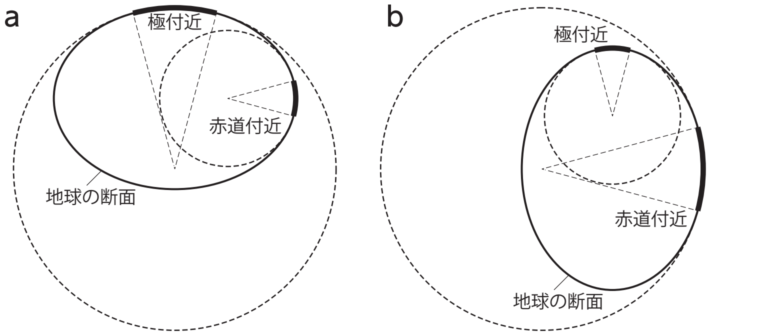


・**地球の断面がみかんのような形だったら**

断面図における地表の曲がり方が赤道付近よりも極付近のほうが（急 / ゆるやか）で，それを表す円の半径は赤道付近より極付近のほうが（大きい / 小さい）はず〔次ページの図の a〕。

・**地球の断面がレモンのような形だったら**

断面図における地表の曲がり方が赤道付近よりも極付近のほうが（急 / ゆるやか）で，それを表す円の半径は赤道付近より極付近のほうが（大きい / 小さい）はず〔次ページの図の b〕。



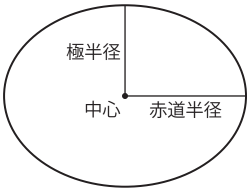
→　18 世紀にフランスの測量隊が精密に測定して，地球の断面はみかんのような形〔上の図の a のように，南北につぶれた形〕になっていることがわかった。

2　地球を表す回転楕円体

楕円〔つぶれた円〕を軸の周りに回転させてできる立体を回転楕円体といいます。

・**偏平率**

$$偏平率=\frac{赤道半径-極半径}{赤道半径}$$



→　地球の形によく合う回転楕円体の赤道半径は 6378km，極半径は 6357km なので，赤道半径と極半径の差は______km。このことから，

$$偏平率=\frac{赤道半径-極半径}{赤道半径}$$

$$=\frac{\quad}{6378}$$

$$\fallingdotseq\frac{1}{\quad}$$

と求められる。

まとめ

地球の形は，赤道半径よりも極半径の方が短い__________で表される。赤道半径と極半径の差は赤道半径のおよそ________分の 1 であり，この値を__________という。

Chapter2　演習問題

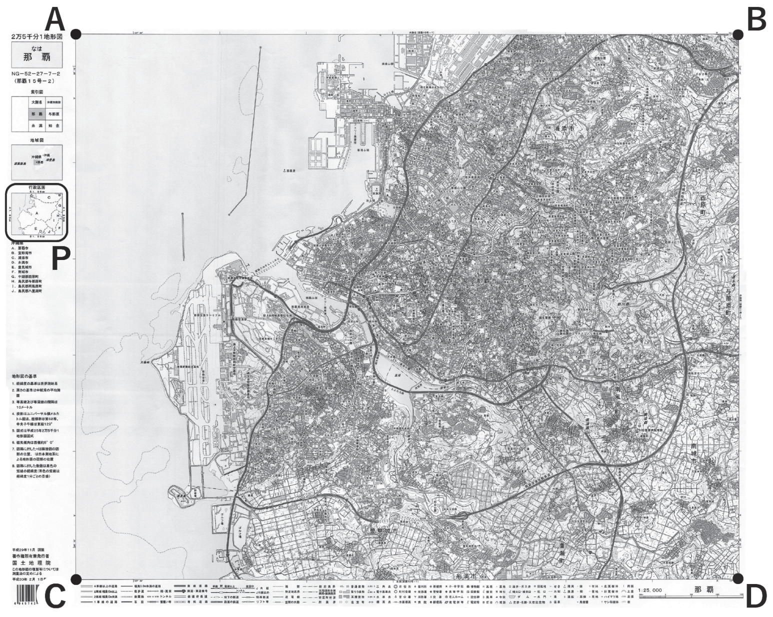
□　緯度差1度あたりの経線の長さ

18 世紀にフランスの測量隊が調べたのは，赤道付近，フランス，そして北欧における緯度差 1 度あたりの経線の長さでした。ここでは，南北に長い日本列島で，緯度差 1 度あたりの経線の長さの違いを調べてみましょう。

問題⑴　国土地理院の発行する「2 万 5 千分 1 地形図」には，図の枠に緯度と経度が書かれています。「2 万 5 千分 1 地形図『那覇』」を用いて，那覇における緯度差 1 度あたりの経線の長さを調べる実習を行うことにします。

⒜　実習計画に関する次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

同じ経線の上にある 2 地点を選ぶ必要があるので，図中の A 地点と（B ／ C ／ D）地点の緯度を調べる。また，その 2 地点の間の長さが枠外（図の P）に記されているので，それを実際の距離に直す。これらをもとにして，緯度差 1 度あたりの経線の長さを求める。



復習

経線（小学社会）

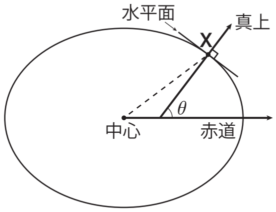
北極と南極を通るように地球を切ったとき，地表に現れる線を経線といいます。経線の方向は南北方向を表します。

なお，かつて用いられていた十二支を用いた方位の表し方では北が子，南が午だったため，経線は子午線ともよばれています。

知っておこう

緯度

ある地点 X の緯度は，赤道と地点 X の「真上」の方向の間の角（図の θ）です。



なお「真上」とは，それぞれの地点の水平面と垂直な方向です。地球が「完全な球」でないとき，地点 X の「真上」は，地球の中心から地点 X を見た方向とは異なります。

(b)　(a)で選んだ 2 地点の間の地図上の長さは 41.85cm でした。これを実際の距離に直しましょう。結果は m を単位として，一の位を四捨五入して答えましょう。

ここがPOINT

2 万 5 千分 1 地形図なので，地図上の長さは実際の距離の 2 万 5 千分の 1 になっています。逆に言えば，実際の距離は地図上の長さの 2 万 5 千倍です。
1 km=1000m
1 m=100cm
であることに注意しましょう！

(c)　(a)で選んだ 2 地点の緯度の差を調べたところ 0° 5′ 40″でした。「′」は「分」,「″」は「秒」と読み，1° = 60′，1′ = 60″です。那覇における緯度差 1″あたりの距離を求めましょう。結果は m を単位として，小数第 3 位を四捨五入して答えましょう。

(d)　(c)の結果を用いて，那覇における緯度差 1 度あたりの距離を求めましょう。結果は km を単位として，小数第 2 位を四捨五入して答えましょう。

問題(2)　「2 万 5 千分 1 地形図『札幌』」についても同じようにして緯度差 1 度あたりの距離を求めたところ，111.0km でした。これを(1)(d)の結果と比べて述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

☞　2 万 5 千分 1 地形図の端の緯度・経度は，「多色刷の 2 万 5 千分 1 地形図に関する図郭の緯度・経度」として国土地理院のウェブサイトで公開されています。

緯度差 1 度あたりの距離は，那覇より札幌の方が（長い / 短い)。これを 360 倍することでそれぞれの地点の地表の曲がり方に合った円の周の長さが求められるので，那覇の地表より札幌の地表の方が（大きな / 小さな）円で表されるといえる。つまり，那覇よりも札幌の方が地表の曲がり方が（急 / ゆるやか）であることがわかる。

第 1 講　PART2　確認問題

問 1　次の各問いに答えなさい。

(1)　地球の形を調べるために，フランスの測量隊が 18 世紀に測定したのはどのような長さか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

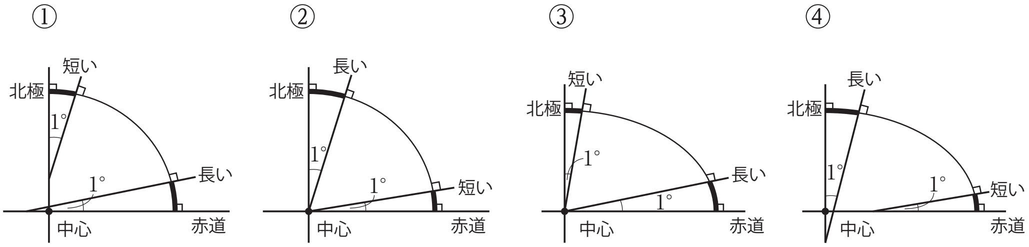
①　低緯度と高緯度における，経度差 1°あたりの緯線の長さの違い

②　低緯度と高緯度における，緯度差 1°あたりの経線の長さの違い

③　北半球と南半球における，経度差 1°あたりの緯線の長さの違い

④　北半球と南半球における，緯度差 1°あたりの経線の長さの違い

(2)　地球の形と緯度差 1°あたりの経線の長さの関係を表した図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。



(3)　地球の形によく合う回転楕円体の偏平率の値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　$\frac{1}{3}$　　②　$\frac{1}{30}$　　③　$\frac{1}{300}$　　④　$\frac{1}{3000}$

(4)　地球の赤道半径と極半径に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　赤道半径は極半径より約 20km 長い。

②　赤道半径は極半径より約 200km 長い。

③　極半径は赤道半径より約 20km 長い。

④　極半径は赤道半径より約 200km 長い。

< Note >

PART3 地球内部の層構造

目標　地球を構成する物質とその状態について説明できる

Chapter1　地球内部の層構造

1　地球内部の層構造

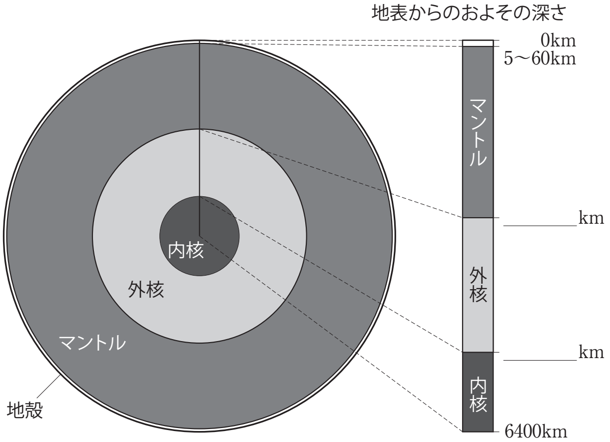
18 世紀後半に行われた重力の研究により，地球全体で平均した密度は地表付近の物質の密度のおよそ 2 倍にあたることがわかりました。このことから，地球の中心付近には密度の大きな物質，たとえば金属が存在するのではないかと推定されました。

→　現在では，地球の内部構造についてどのようなことがわかっているのでしょうか？

・ **地殻とマントルと核**

地球は，中心に近づくほど密度の大きなものからなる層構造となっている。

名称		物質	代表的な物質	状態
地殻		岩石	花こう岩・玄武岩	固体
マントル			かんらん岩	
核	外核	金属	鉄	（固体 / 液体）
	内核			（固体 / 液体）



講師からのMessage

これまで人類が到達できた（穴を掘って物質を手に入れられた）最も深い地点は，地表から約 12km です。地球の半径は約 6400km なので，私たちの手が届くのはほんの一部だけ，ということです。

手の届かない，光も届かないところについて調べるために，科学者たちはさまざまな工夫をこらしているんですね！

☞　岩石の名称については，第 3 講の「火成岩の分類」もチェック！

地殻

比較的密度の小さな岩石からなる。大陸と海洋を構成する岩石や地殻の厚さは異なっている。

名称	表面付近のおもな岩石	およその厚さ
大陸地殻	＿＿＿＿＿＿岩	30 ~ 60km
海洋地殻	＿＿＿＿＿＿岩	5 ~ 10km

マントル

地殻よりも密度の大きな岩石からなる。マントルは上部と下部に分けられる。上部マントル〔深さ 660km 程度まで〕は，おもに**かんらん岩**からなる。

核

おもに**鉄**からなる。**外核**は高温のため（固体 / 液体）であり，さらに内側の**内核**は高圧のため（固体 / 液体）となっている。

まとめ

構成する物質で地球を 3 つの層に分けると，地表付近から順に＿＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿＿となる。

・地殻は花こう岩からなる大陸地殻と玄武岩からなる海洋地殻に分けられ，＿＿＿＿＿＿の方が厚い。

・マントルは地殻よりも密度の大きな岩石からなり，上部マントルを構成するおもな岩石は＿＿＿＿＿＿＿である。

・核はおもに金属の＿＿＿＿からなり，液体の外核と固体の内核に分けられる。

Chapter2　演習問題

□　地球のうちマントルの占める割合

地球を地殻，マントル，核の 3 つに区分したとき，最も体積の大きなものはマントルです。マントルが何 % くらいの体積を占めているのか，計算してみましょう。ただし，地球や核は完全な球と考えてかまいません。

問題(1)　地球の半径を 6400km，地表からマントルと核の境界までの深さを 2900km とします。このとき，核の半径を求めてください。

問題(2)　核の半径は，地球の半径のおよそ何 % でしょうか。小数第 1 位を四捨五入して，整数値で答えましょう。

復習

百分率（小学算数）

全体を 100 とした割合の表し方で，記号「%」を用いて表す。

小数	分数	百分率
0.01	$\frac{1}{100}$	1%
0.1	$\frac{10}{100}$	10%

☞　割合について自信のない人は，第 12 講の「地学基礎のための数学」もチェック！

問題(3)　(2)の結果を用いると，核の体積は，地球の体積のおよそ何％でしょうか。小数第１位を四捨五入して，整数値で答えましょう。

復習

体積比（中学数学）

相似な（形が同じ）立体の体積比は相似比の３乗になっています。

球はすべて相似な図形なので，球の体積は半径の３乗に比例するといえます。

☞　球の体積について忘れてしまった人は，第 12 講の「地学基礎のための数学」もチェック！

問題(4)　マントルの体積は，地球の体積のおよそ何％でしょうか。整数値で答えましょう。ただし，地殻は十分に薄いので，その体積は無視してかまいません。

ここがPOINT

私たちが計算できるのは球の体積なので，核を取り囲んでいるマントルの体積を直接計算することはできません。今回の(1)〜(4)の流れのように，いったん核の体積を考えて，それを全体から引く必要がある，ということに注意しましょう！

第1講　PART3　確認問題

問1　地球の内部は ${}_{a}$構成する物質をもとに大きく3層に分けられることが知られている。また，${}_{b}$それぞれの層を構成する物質やその状態についても，研究から明らかになってきている。

(1)　下線部aのように地球を3層に分けたとき，地球の表層から2番目の層の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　地殻　　②　マントル　　③　核

(2)　下線部bについて，地球の内部において液体の状態になっている層の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　地殻　　②　マントル　　③　外核　　④　内核

(3)　下線部bについて，海洋地殻の表面付近を構成するおもな岩石の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　花こう岩　　②　かんらん岩　　③　玄武岩　　④　流紋岩

(4)　上部マントルと下部マントルの境界は地表から深さおよそ何 km にあるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　10km　　②　660km　　③　2900km　　④　5100km

< Note >

第2講　プレートテクトニクス
PART1 リソスフェアとアセノスフェア

目標　地殻と上部マントルを，かたさを基準として分類できる

Chapter1　リソスフェアとアセノスフェア

1　地球の層構造　復習

・**構成する物質での分類（第 1 講 PART3）**

中心に近づくほど密度の大きなものからなる層構造

地殻とマントルは異なる種類の岩石でできている

2　かたさを基準とした層構造

地殻とマントルはともに岩石からできていて，固体の状態です。
→地表からマントルの底まで，同じように固まっているのでしょうか？

・**リソスフェアとアセノスフェア**

地殻とマントルのほとんどは「かたい」が，上部マントルには「やわらかい」部分がある。

名称	物質	かたさ	状態
リソスフェア	岩石	かたい / やわらかい	固体
アセノスフェア		かたい / やわらかい	

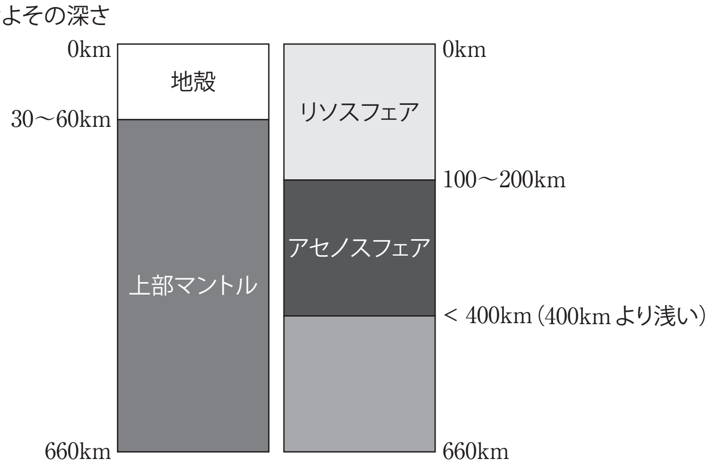
ここがPOINT

地殻，マントル，核という分類は「構成する物質（何でできているか）が基準になっている」ということが重要です！

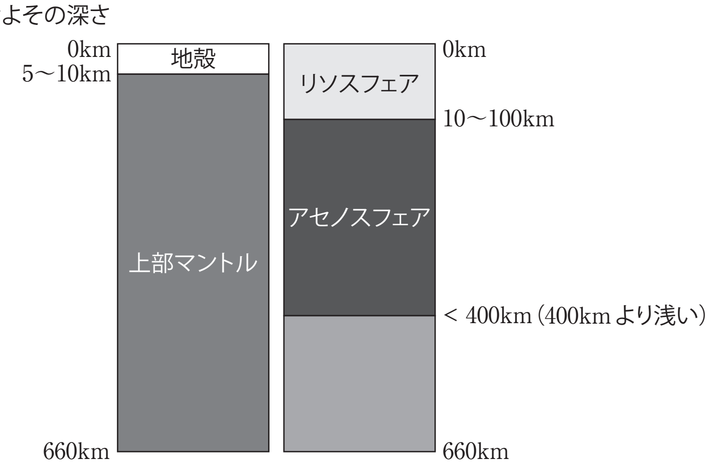
講師からのMessage

固体ならかたい，という気がするかもしれませんが，演習問題で扱うように，同じ固体でも条件によってかたさが変化します！

大陸地域



海洋地域



→リソスフェアは海洋地域より大陸地域の方が厚い

まとめ

地殻と上部マントルは，かたさを基準にして分けられている。これらのうち，地表付近のかたい部分を＿＿＿＿＿＿，やわらかい部分を＿＿＿＿＿＿という。大陸地域と海洋地域を比べたとき，リソスフェアは＿＿＿＿＿の方が厚い。

Chapter2　演習問題

□　グミのかたさ

弾力のあるお菓子のグミは，温度によってそのかたさが変化します。ここでは，２つの色のグミを用いて，リソスフェアとアセノスフェアの違いについて確認してみましょう。

なお，この演習問題は問題文を読んで考えるだけでも解けますが，興味のある人は実際に実験してみるとよいでしょう。

☜　健康上の理由，スポーツなどの都合で食べられない人も，想像で解いてみてください！

問題(1)　色の異なる２種類のグミを用意します。色の濃い方をグミA，色のうすい方をグミBとして，グミAとグミBを１粒ずつ冷凍庫で十分冷やします。

室温のグミAを１粒用意して，冷凍庫から出した２粒のグミと一緒にお皿などの上に並べます。グミのかたさは，室温のものと冷凍庫で冷やしたものでどのように異なるでしょうか。

☜　食べる場合には，衛生面(&食べすぎ)に注意しましょう！

問題⑵　地球の地殻，リソスフェアのマントル，アセノスフェアのマントルに対応するのは，⑴の冷えたグミA，室温のグミA，冷えたグミBのうちそれぞれどれでしょうか。物質の違いとかたさの違いに着目して答えましょう。

問題⑶　⑴では，グミを冷凍庫で冷やすことで，室温のグミとの温度差を生み出しました。地球の場合，どのようにして温度差が生じるのでしょうか。

第２講　PART1　確認問題

問１　地球内部は，構成する物質によって，地殻，マントル，核に分かれている。地殻とマントルはともに（　ア　）でできている。さらに，上部マントル内のある深さを境界として，（　ア　）のかたさが異なっていて，地殻と上部マントル最上部のかたい部分を（　イ　），上部マントルのやわらかい部分を（　ウ　）という。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　固体の岩石　　②　液体の岩石　　③　固体の金属　　④　液体の金属

(2)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　アセノスフェア　　②　リソスフェア

(3)　空欄ウにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　アセノスフェア　　②　リソスフェア

(4)　大陸地域と海洋地域の（　イ　）の厚さに関する記述として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　大陸地域のほうが厚い。

②　海洋地域のほうが厚い。

③　どちらも同じ程度である。

< Note >

PART2 世界の大地形とプレート境界

目標　３種類のプレート境界と，そこに形成される大地形について説明できる

Chapter1　世界の大地形とプレート境界

1　プレートとプレート境界

地殻と上部マントルのうち，地表付近はかたいリソスフェアとよばれる部分であり，その下にはやわらかいアセノスフェアがあることを学びました。

→　リソスフェアは，地球全体をおおう１枚の大きな板，と考えてよいのでしょうか？

・プレート

地球全体でみると，リソスフェアは十数枚の岩盤に分かれている。この１枚１枚を**プレート**という。

プレートはそれぞれ異なる方向に移動していて，その速度は１年間に最大（10cm ／ 10m ／ 10km）程度である。

ここがPOINT

リソスフェアとプレートは同じ部分を指しています。

リソスフェアは岩石のかたさ，プレートは地図上の広がりや動き，というように，着目するものが違うんですね！

・プレートの発散境界（拡大する境界）

プレートどうしが離れていく境界。

発散境界では下から上昇してきた（温かい ／ 冷たい）岩石やマグマによって新しいプレートがつくられ，（海溝 ／ 海嶺）とよ

ばれる（山脈 / 谷）状の地形となる。

大陸が分裂して新しい発散境界がつくられることもあり，このときにつくられる幅の広い谷状の地形を（地溝帯 / U 字谷）という。

・プレートの収束境界

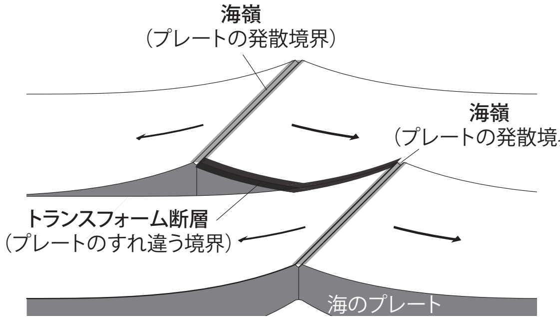
プレートどうしが近づく境界。

近づく 2 つのプレートの密度が大きく異なっている場合，密度の（大きい / 小さい）プレートが下に沈み込み，（海溝 / 海嶺）とよばれる（山脈 / 谷）状の地形がつくられる。近づく 2 つのプレートの密度の違いが小さい場合，プレートどうしが衝突して**大山脈**がつくられる。

・プレートのすれ違い境界

プレートどうしがすれ違う境界。

海嶺は一直線上にのびるのではなく，途中で切れて，ずらされている。このずらされている部分を**トランスフォーム断層**という。



まとめ

地球全体でみると，リソスフェアは十数枚のプレートに分けられる。

プレートどうしの境界には，

・海嶺や地溝帯がつくられる＿＿＿＿＿境界

・海溝や大山脈がつくられる＿＿＿＿＿境界

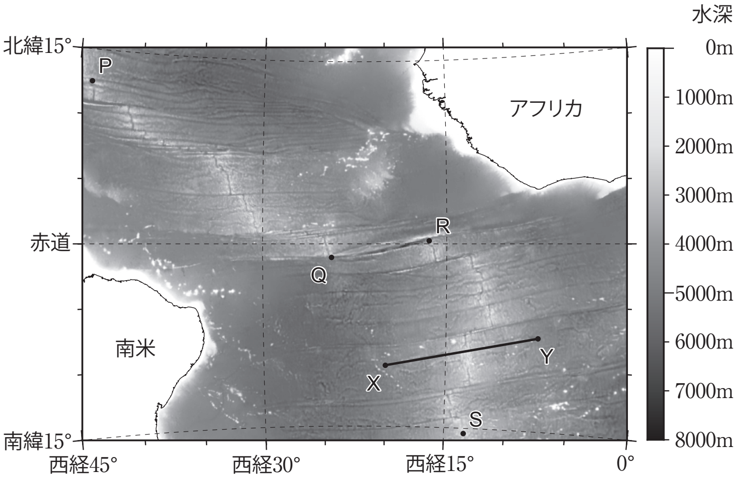
・＿＿＿＿＿＿＿＿断層がつくられるすれ違い境界

がある。

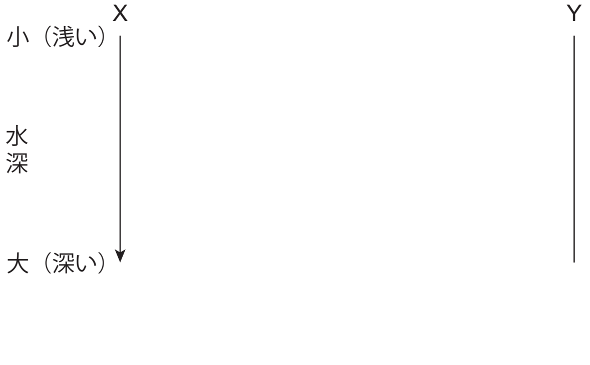
Chapter2　演習問題

□　大地形とプレートの動き

私たちは，ふだん海底を見ることができません。深い海の水深を測ることは難しく，世界中の海底のようすが明らかになってきたのは 19 世紀末以降のことです。そんな海底の大地形とプレートの動きとの関係について，大西洋を例にして確認してみましょう。



問題(1)　図の **X―Y** では，水深がどのように変化しているでしょうか。色の濃さをもとにして，大まかなようすを図に示してみましょう。



ここがPOINT

地学基礎では，図から数値を正確に読み取る必要がある場合もありますが，大まかな傾向を読み取ることが大切な場合もあります。

今回は，「大まかなようす」が問われていますから，色の濃さから正確な水深を読み取る必要はありません。水深の変化のようす（大きくなるか小さくなるか）に着目しましょう！

問題(2)　図のPからSにかけて, 白っぽい部分が長く続いています。この部分は，何とよばれる大地形でしょうか。また，その大地形はプレートがどのように動くことでできたものでしょうか。(1)の結果を参考にして答えましょう。

問題(3)　(2)で考えた白っぽい部分は，図のQとRの間などの部分で大きくずれているように見えます。このずれている部分は，何とよばれる大地形でしょうか。また，その大地形はプレートがどのように動くことでできたものでしょうか。

第 2 講　PART2　確認問題

問 1　地球の表面は十数枚の a かたいプレートで覆われている。このプレートは，それぞれ異なる方向に移動しており，年間で最大（　ア　）程度動くといわれている。プレートどうしが触れ合っている境界は，b 収束・c 発散・d すれ違いという 3 種類の特徴的な境界が存在している。このプレートの動きによって，地球の表面では様々な地殻変動が起こっている。

(1)　下線部 a について，プレートと同じ部分を意味する用語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　地殻　　②　マントル　　③　リソスフェア　　④　アセノスフェア

(2)　空欄アにあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　10mm　　②　10cm　　③　10m　　④　10km

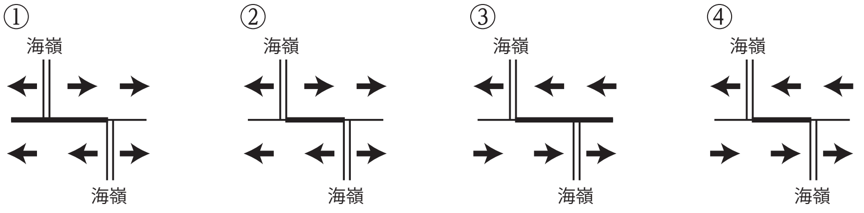
(3)　下線部 b について，近づく 2 つのプレートの密度が大きく異なっている場合，プレートの収束境界にできる地形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海嶺　　②　地溝帯　　③　海溝　　④　U 字谷

(4)　下線部 c について，プレートの発散する境界にできる地形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海嶺　　②　海溝　　③　トラフ　　④　トランスフォーム断層

(5)　下線部 d について，トランスフォーム断層を太線で示し，プレートの移動方向を矢印で示した図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。



＜ Note ＞

PART3 日本列島とプレート

目標 日本列島周辺のプレートと，それらの境界について説明できる

Chapter1　日本列島とプレート

1 日本列島とプレート 復習

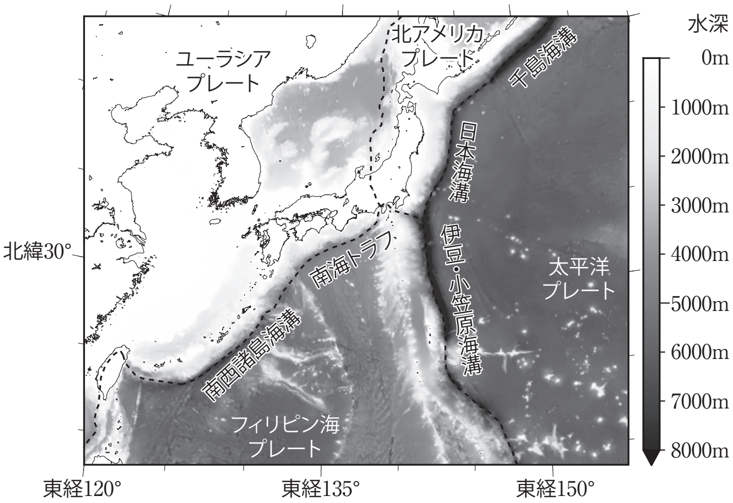
・**プレートと地震（中学理科）**

日本列島はユーラシアプレート，北アメリカプレート，太平洋プレート，フィリピン海プレートの集まる場所にあり，これらが押し合うことで地震が起きている

2 日本列島周辺のプレートと，それらの境界

日本列島は４枚のプレートの集まる場所にあります。

→　これらのプレート境界には，どのような地形が形成されているのでしょうか？



出典：NOAA（アメリカ海洋大気庁）

・陸のプレート

ユーラシアプレートと北アメリカプレートの 2 枚。これらのプレートの境界はあまりはっきりとしていない。

・海のプレート

太平洋プレートとフィリピン海プレートの 2 枚。

どちらのプレートも陸のプレートの下に沈み込んでおり，その境界は（海嶺 / 海溝）やトラフとなっている。

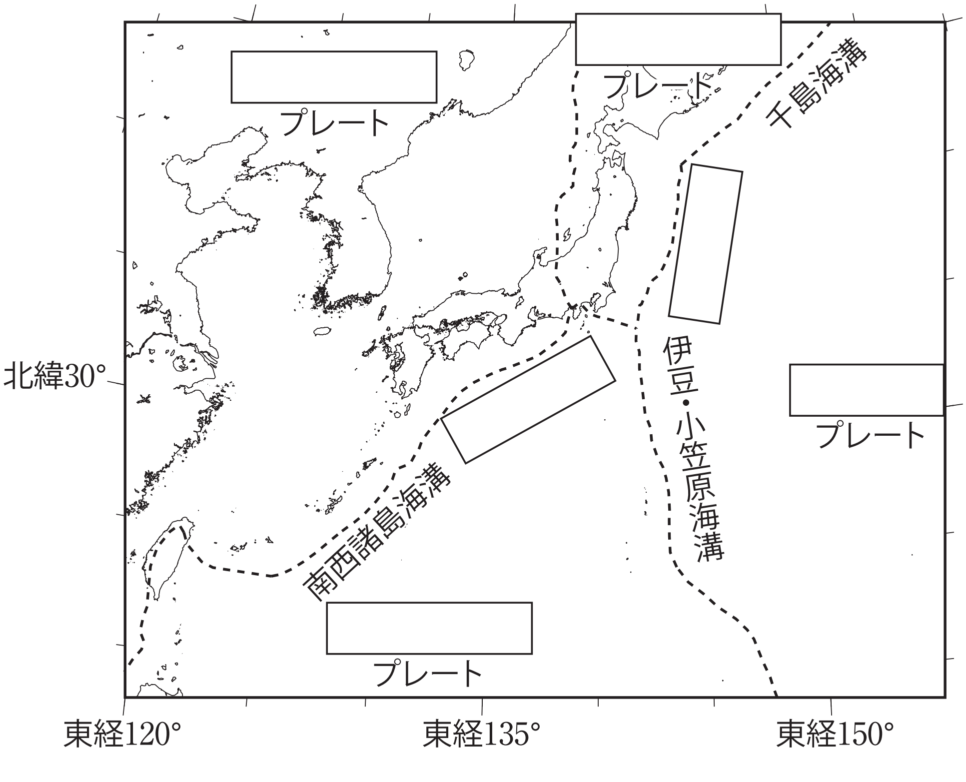
また，（太平洋プレート / フィリピン海プレート）の方が日本付近の水深が大きい。これは，このプレートの密度が大きい（重い）ためであり，伊豆・小笠原海溝では海のプレートどうしの沈み込みが起こっている。

知っておこう

海溝とトラフ

どちらも海の中の谷状の地形で，深いところの水深が 6000m を超えるものを海溝，それより浅いものをトラフとよんでいます。

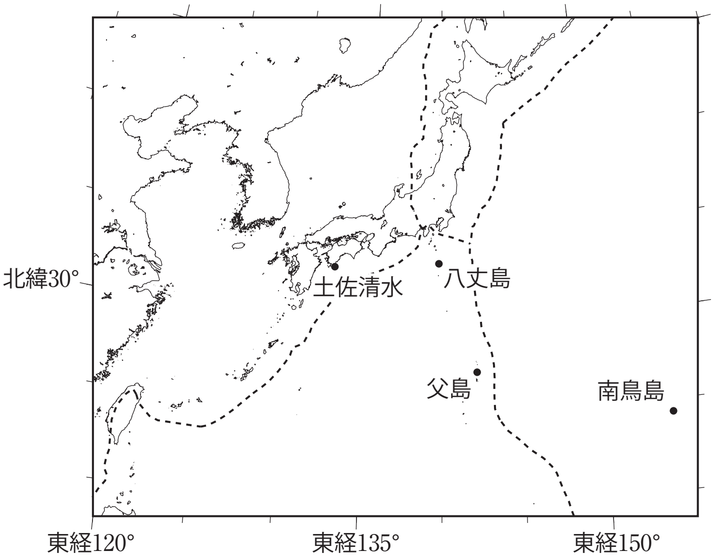
まとめ



Chapter2　演習問題

□　プレートの動きと2点間の距離

私たちのスマートフォンなどにも使われているGPSは，複数の人工衛星を用いることで私たちのいる場所を正確に測定する手段です。このGPSは，機器を地面に固定しておくことで，プレートの動きの測定にも利用できます。そこで，下の図に示された4地点（土佐清水（とさしみず），八丈島（はちじょうじま），父島，南鳥島）に固定されたGPSを用いてプレートの動きを確認することを考えてみましょう。

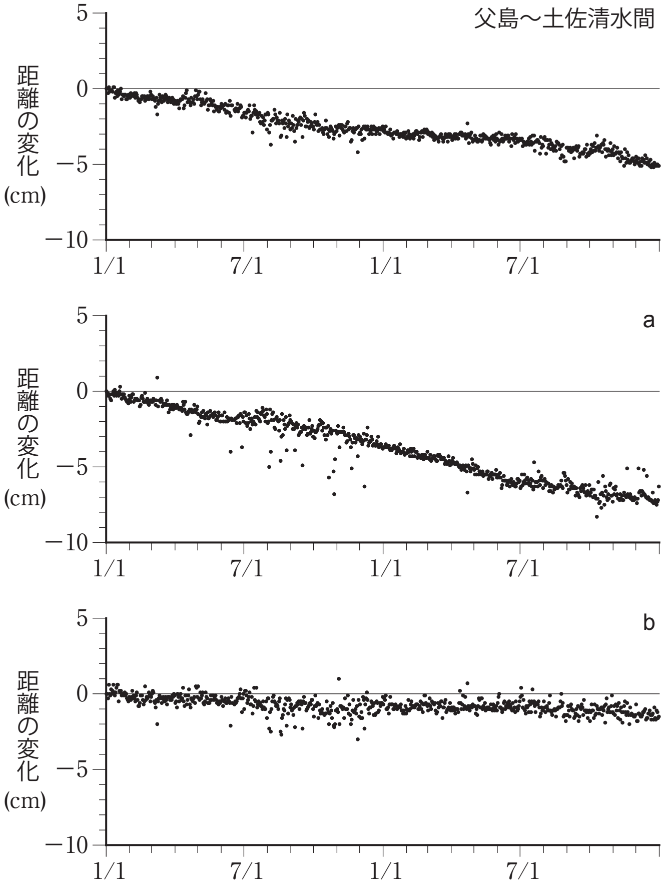


問題(1)　これまでの講義では，海溝がプレートの収束境界にあたっていることを学びました。「海溝やトラフではプレートどうしが近づいている」ということを確かめる方法について説明した次の文章中の（　　）について，適切なものをすべて選んでください。

　海溝やトラフをはさんだ2地点の距離の変化を調べて，距離が少しずつ（長く / 短く）なっていることがわかれば，海溝やトラフではプレートどうしが近づいていることが確認できる。たとえば，父島と（土佐清水 / 八丈島 / 南鳥島）の間の距離の変化を調べるとよい。

問題⑵　これまでの講義では，プレートがかたい板状の岩盤であることを学びました。「プレートはほとんど変形しない板のようなものである」ということを確かめる方法について，⑴の文章と同じように説明してみましょう。

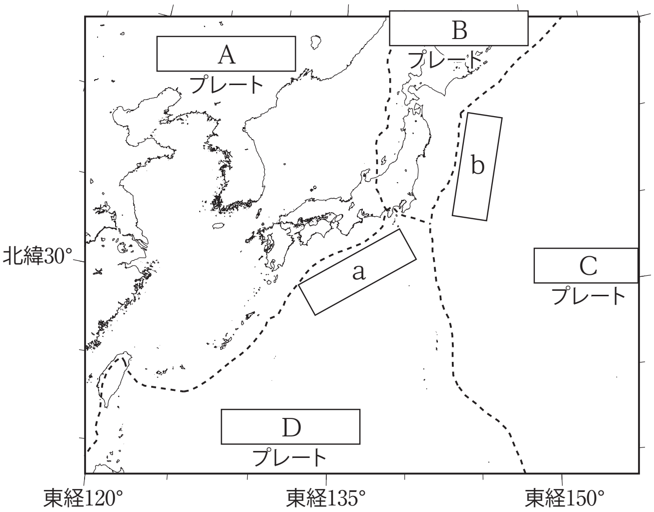
問題⑶　次の図は，2016 年 1 月 1 日から 2017 年 12 月 31 日までの 2 年間にわたる，父島と土佐清水・八丈島・南鳥島との間の距離の変化を示しています。⑴，⑵の考えが正しかったとすると，父島～南鳥島間の距離の変化を示しているのは a, b のうちどちらでしょうか。



出典：国土地理院

第2講　PART3　確認問題

問１　日本列島は，図のようにＡ～Ｄの４枚のプレートの境界付近に位置している。４枚のうち，陸のプレートはユーラシアプレートと北アメリカプレートの２枚で，海のプレートは太平洋プレートとフィリピン海プレートの２枚である。



⑴　図のＡにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　太平洋　　②　フィリピン海　　③　ユーラシア　　④　北アメリカ

⑵　図のＢにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　太平洋　　②　フィリピン海　　③　ユーラシア　　④　北アメリカ

⑶　図のＡプレートとＤプレートの境界のうち，図のａの部分にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　南西諸島海溝　　②　南海トラフ　　③　日本海溝　　④　千島海溝

(4) 図のプレートどうしの動きに関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① A のプレートは D のプレートの下に沈み込んでいる。
② B のプレートは D のプレートの下に沈み込んでいる。
③ C のプレートは B のプレートの下に沈み込んでいる。
④ D のプレートは C のプレートの下に沈み込んでいる。

PART4 マントルのプルーム

目標　マントル内部の物質の動きについて，プルームという言葉を用いて説明できる

Chapter1　マントルのプルーム

1　熱の伝わり方　復習

・伝導・対流・放射（中学理科）

伝導：温度の高い方から低い方へ，となり合う場所に熱が伝わる

対流：下が温かくて上が冷たいとき，温かいものは密度が小さいので浮き上がり，冷たいものは密度が大きいので沈み，これらのことで下から上へと熱が伝わる

放射：温かいものの放つ光によって，離れたところへと熱〔エネルギー〕が伝わる

ここがPOINT

熱の 3 つの伝わり方は，熱を伝えるものが違うといえます！

伝導：原子などの細かい熱運動

対流：物質そのものの運動（流れ）

放射：光（可視光線・赤外線など）

2　マントルの対流とプルーム

地球はできたときの熱を核にたくわえていて，地球の中心部は今でも 5000℃を超える高温です。

→　地球の大部分を占めるマントルにおいて，熱はどのようにして伝えられているのでしょうか？

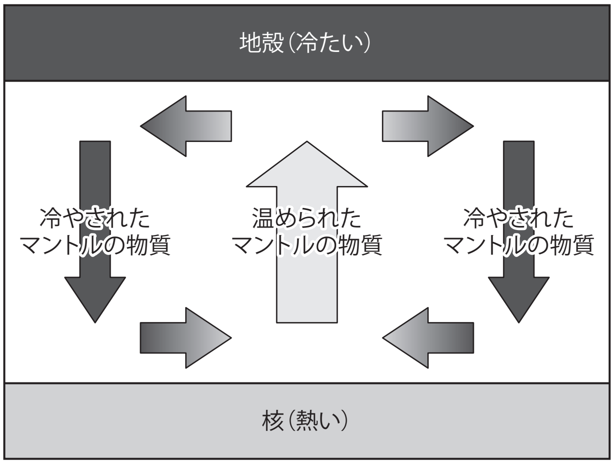
・マントル対流

マントルは基本的に固体だが，ゆっくりと大きな力をかけることで，長い時間でみると流動的な〔液体のような〕動きをする。そのため，マントルは長い時間でみると対流していると考えられている。

講師からのMessage

どれくらい長い時間かというと，対流の 1 周にかかる時間が 10 億年以上だと考えられています！

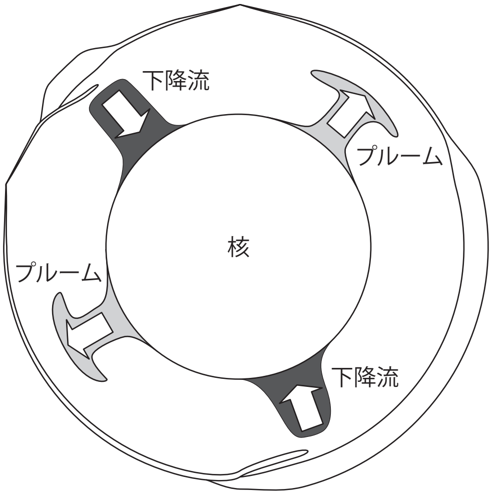
10 億年前というと，クラゲやイソギンチャクすらいなかった時代です。気の遠くなるような遅さですね……。



・プレート運動とプルーム

下降流……過去に沈み込んだ（温かい / 冷たい）プレートを構成していた岩石がマントルの中を下降していくもの。

プルーム…核に温められたマントルの物質が上昇していく円柱状の流れ。



☞ プルームは，第 3 講で学ぶホットスポットの根元だと考えられています。

まとめ

マントル内部では，おもに________により熱が伝えられている。

マントルは，長い時間でみるとゆっくりと流動しており，その流れのうち円柱状の上昇流のことを____________とよぶ。

Chapter2　演習問題

□　プルームのできかた

マントルにプルームが存在するという観測結果はあるのでしょうか。また，プルームのできる原因は何でしょうか。確認してみましょう。

問題(1)　マントルにプルームが存在すると考えられる理由について説明した次の文章を読み，下の表中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地表の動きは GPS などで精密に観測できるが，地下の動きを観測することは難しい。プルームの存在も，動きそのものの観測ではなく，マントルの温度をもとに推定されている。

マントルの中を伝わる地震波の速度を詳しく調べると，同じ深さでも場所によって異なることがわかってきた。地震波の速度の違いをもとにすると，アフリカや太平洋の下にはマントルの温度の高い領域，アジアの下にはマントルの温度の低い領域があると推定されている。

場所による温度の違いは岩石の体積，密度を変化させるため，マントル中には上下方向の流れが生じていると考えられている。

温度	体積の変化	密度	流れ
高い	（膨張 / 収縮）	（高 / 低）	（上昇 / 下降）
低い	（膨張 / 収縮）	（高 / 低）	（上昇 / 下降）

問題⑵　マントルの下降流とプルームが生じる原因について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

海のプレートは，（海嶺 / 海溝）で形成されてから（海嶺 / 海溝）で沈み込むまでの間に冷やされて，密度が（大きく / 小さく）なる。マントルの中に沈み込んだ海のプレートは，いったん上部マントルと下部マントルの境界付近にたまるが，やがてマントルの中を下降していく。

一方，マントルと核との境界では，マントルの物質が核により温められている。温められた物質は密度が（大きく / 小さく）なって，マントルの中を上昇するプルームを形成する。

第2講　PART4　確認問題

問1　地球の核には，地球が誕生した当時の熱がたくわえられており，地球の中心部の温度は，5000℃を超えると考えられている。熱は温度の高い方から低い方へと伝わる性質があり，地球内部の熱も表面に向かって伝えられ，宇宙空間に向かって徐々に放出されている。

(1)　マントル内の熱の伝わり方として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　対流　　②　伝導　　③　放射　　④　輸送

(2)　マントル内の下降流はどのような物質の流れか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　低温で密度の小さい物質　　②　低温で密度の大きい物質
③　高温で密度の小さい物質　　④　高温で密度の大きい物質

(3)　マントル内のプルームとはどのような流れか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　板状の上昇流　　②　板状の下降流
③　円柱状の上昇流　　④　円柱状の下降流

< Note >

PART5 プレートテクトニクス（まとめ）

目標　プレート運動と火山活動や地震活動との関係について説明できる

Chapter1　プレートテクトニクス（まとめ）

1　プレートテクトニクス

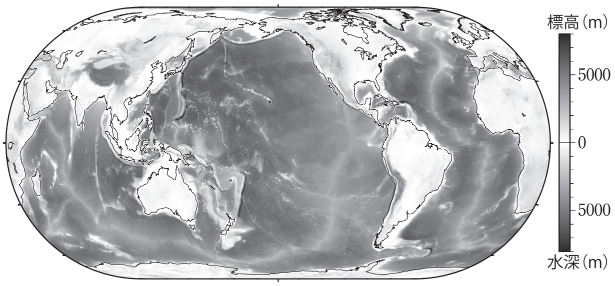
　プレートの運動は世界の大地形の形成，火山活動，地震活動と大きく関係していることを学びました。

→「プレートの運動」という１つのことがらで，地球表層でみられるさまざまな物事をまとめて説明できる，ということでしょうか？

・プレートテクトニクス

　世界の大地形の形成，火山活動，地震活動など，地球表層でみられるさまざまなことがらをプレートの運動によって説明する考え方を，プレートテクトニクスという。

・プレート境界と地形



出典：NOAA（アメリカ海洋大気庁）

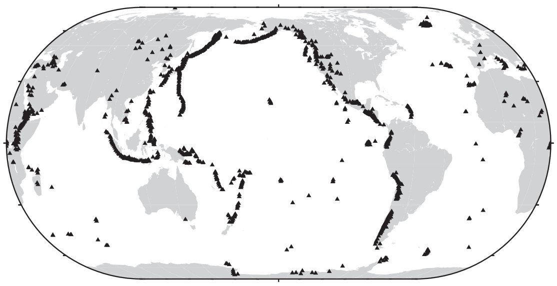
講師からのMessage

　このPART5は，プレート運動に関連するさまざまなことがらのまとめになっています。火山活動（第３講）や地震活動（第４講）の内容も一度は学んでいるという前提でお話ししますので，これらを学んだあとに学習するとよいでしょう！

プレートの沈み込む境界は，水深の大きな（海嶺 / 海溝）になっている。インドの北側では，陸のプレートどうしが衝突して大山脈がつくられている。

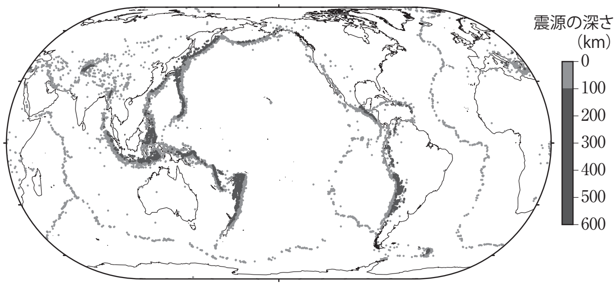
・プレート境界と火山活動・地震活動

火山の分布



出典：Smithonian Institution の公開データから作成

地震の震源の分布



出典：USGS（アメリカ地質調査所）

まとめ

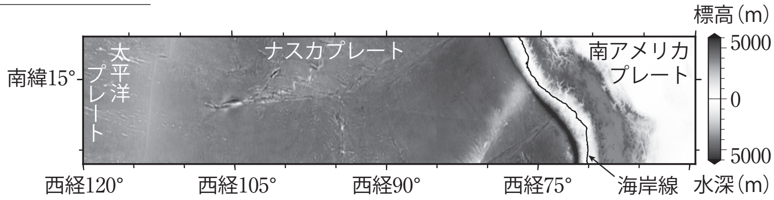
大地形の形成，火山活動，地震活動などのさまざまなことがらをプレートの運動によって説明する考え方を，
＿＿＿＿＿＿＿＿という。
火山活動はおもにプレート境界付近で起こるが，プレート境界とは関係のないハワイのような＿＿＿＿＿＿＿でもみられる。
地震活動もおもにプレート境界付近で起こるが，震源の深さが 100km を超える地震が起こる場所はプレートの
＿＿＿＿境界に限られる。

Chapter2　演習問題

□　大地形と火山活動，地震活動の位置関係

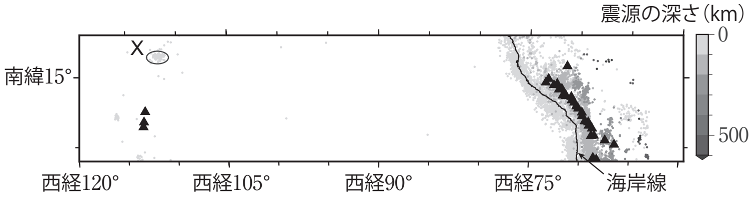
南アメリカの西海岸では南アメリカプレートの下にナスカプレートが沈み込み，日本列島と同じような火山活動や地震活動がみられます。ここでは，南アメリカの西海岸を例として，プレートテクトニクスの総復習をしてみましょう。

a. 標高と水深



出典：NOAA（アメリカ海洋大気庁）

b. 火山と地震の震央



出典：USGS，Smithonian Institution の公開データから作成

問題(1)　２つの図を照らし合わせて，太平洋プレートとナスカプレートの間の境界，ナスカプレートと南アメリカプレートの間の境界がそれぞれどこにあるのかを考え，b の図中に描いてみましょう。

ここがPOINT

プレート境界はどのような大地形と対応するのか，ということをもとに考えてみましょう。火山や地震の震央の分布もヒントになります！

問題⑵　b の図において，南アメリカでは火山が海溝に沿って列のように分布しているようすがわかります。この火山の海溝側の限界線を b の図中に描きましょう。また，その限界線は何とよばれているか答えましょう。

問題⑶　b の図において，X の丸で囲まれた部分では，震源の浅い地震が多く発生していることがわかります。この部分について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　a の図を参考にして考えると，この部分は太平洋プレートとナスカプレートの間の（発散する / 収束する / すれ違う）境界である。この（海溝 / 海嶺 / トランスフォーム断層）では，プレート境界に沿って（正断層 / 逆断層 / 右横ずれ断層 / 左横ずれ断層）の地震が起こっていると考えられる。

第 2 講　PART5　確認問題

問 1　20 世紀初頭にウェゲナーは大陸移動説を提唱したが，他の学者にはあまり受け入れられなかった。20 世紀後半になると，大陸の移動だけでなく，a 大地形の形成，b 火山活動，c 地震活動といったさまざまな地学的現象を，プレートの運動によって説明する理論がつくられた。これをプレートテクトニクスという。

(1)　下線部 a について，陸のプレートどうしが衝突する境界でできる地形の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　大山脈　　②　海溝　　③　地溝帯　　④　海嶺

(2)　下線部 b について，ハワイのように，プレート境界と関係なく火山活動が起こる場所を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海嶺　　②　ホットスポット

③　プルーム　　④　火山前線

(3)　下線部 c について，地震活動は，おもにプレートの境界付近で起こる。震源が 100km より深い地震が発生する場所として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海嶺　　②　海溝　　③　トランスフォーム断層　　④　地溝帯

＜ Note ＞

第 3 講　火山

PART1 火成岩と鉱物

目標　火成岩の組織を観察することで，鉱物のできた順番を判断できる

Chapter1　火成岩と鉱物

1　岩石と鉱物

岩石，鉱物，結晶など，似たような雰囲気の言葉がありますね。

→　岩石と鉱物って，何が違うのでしょうか？

・鉱物

結晶……原子やイオンなどの粒子が規則正しく配列している固体。

鉱物……自然界で形成された結晶。鉱物の種類ごとに粒子の並び方が異なり，それぞれに特徴的な形をもつ。

ガラス…原子やイオンなどの粒子が規則性をもたずに配列している固体。非晶質ともよばれる。

知っておこう

宝石

鉱物のうち，特に美しさから装飾品として用いられるものを宝石といいます。たとえば，地学基礎で学習する「石英」は，宝石として「水晶」とよばれます。

・岩石

鉱物やガラス，有機物（生物の遺がい）が集まって固まったもの。

火成岩……マグマが固まってできた岩石。

堆積岩……さまざまな粒子が堆積し，固まってできた岩石。

変成岩……岩石が高圧・高温により変化してできた岩石。

☞　堆積岩や変成岩については，第 5 講で詳しく扱います！

2　火成岩の組織のできかた

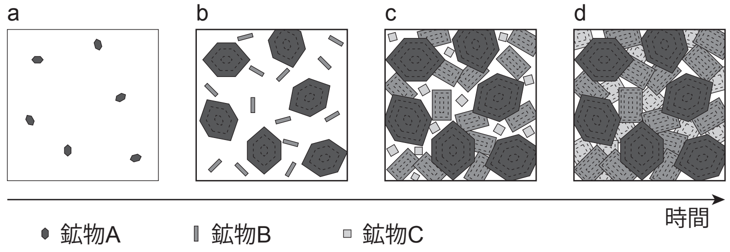
中学理科では，火成岩が組織や鉱物によって分類されることを学びました。

→　火成岩の組織は，どのようにしてつくられるのでしょうか？

・**マグマの冷却と結晶の成長**

マグマは岩石がとけたもの。

マグマにはさまざまな成分が入っているので，冷やしても全体が一気に固体になるのではなく，固体になりやすい成分から順に固体になっていく。



→　ゆっくりと冷えれば図の a から d のように結晶が大きく成長できるが，一気に冷えると途中で成長が終わってしまう。

マグマが固まった部分のうち結晶でない部分は（空洞 / ガラス）となる。

・**自形と他形**

自形……鉱物の結晶が，鉱物本来の形を示しているもの。

比較的（早い / 遅い）時期に結晶となったことがわかる。

他形……鉱物の結晶が，鉱物本来の形を示していないもの。

比較的（早い / 遅い）時期に結晶となったことがわかる。

たとえば，上の図の d において，

鉱物 A は（自形 / 他形），鉱物 C は（自形 / 他形）

になっている。

まとめ

マグマが固まってできた岩石を＿＿＿＿＿＿という。

マグマが冷えるとき，固体になりやすい成分から順に結晶となる。

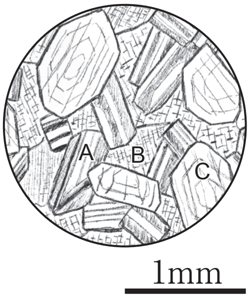
マグマが急激に冷えると，一部は結晶にならずに＿＿＿＿となる。

比較的早い時期に結晶となった鉱物は，結晶が鉱物本来の形を示す。これを＿＿＿＿という。しかし，結晶となるのが遅いと，結晶は鉱物本来の形を示さない。これを＿＿＿＿という。

Chapter2　演習問題

□　鉱物のできた順番

次の図は，ある火成岩の試料を顕微鏡で観察して得られたスケッチです。この図から読み取れることについて考えてみましょう。



問題(1)　このスケッチの岩石は，ガラスを含まず全体が鉱物に埋めつくされています。また，全体的に鉱物の結晶が大きく成長しています。このことから，この岩石をつくったマグマの冷却についてどのようなことがいえるでしょうか。

問題(2)　このスケッチに含まれる鉱物は，A，B，C の３種類です。これらのうち，もっともよく自形を示している鉱物はどれでしょうか。

問題⑶　このスケッチに含まれる鉱物 A，B，C はどのような順序で結晶となったでしょうか。そのように判断した理由とともに答えましょう。

第３講　PART1　確認問題

問１　地球の表面はさまざまな岩石で形成されている。その中で火成岩とよばれる岩石は地下から上がってきたマグマが冷え固まって形成されたもので，その組織や含まれる鉱物によって分類されている。それぞれの岩石を観察すると，原子やイオンなどが規則正しく配列した固体である（　ア　）のほか，マグマが急速に冷やされたため（　ア　）にはならなかった固体である（　イ　）がみられることがある。岩石の詳しい観察からは，火成岩ができていく過程を知ることができる。

⑴　下線部について，さまざまな粒子が堆積し，固まってできた岩石の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　火山岩　　②　深成岩　　③　堆積岩　　④　変成岩

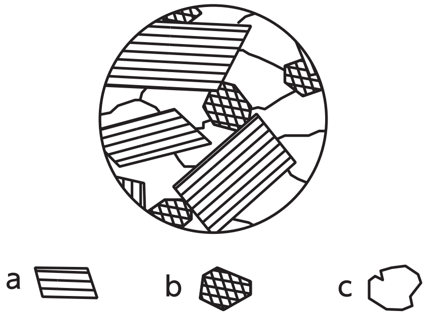
⑵　空欄アにあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　岩石　　②　結晶　　③　宝石　　④　ガラス

⑶　空欄イにあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　岩石　　②　結晶　　③　宝石　　④　ガラス

⑷　図は，ある岩石の試料を顕微鏡で観察したときのスケッチである。この中の鉱物 a ～ c のうち，２番目に晶出した鉱物として最も適当なものを，下の①～③のうちから一つ選びなさい。



①　a　　②　b　　③　c

(5) 上の(4)の図において，他形を示している鉱物はどれか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

① a　② b　③ c

PART2 火成岩の分類

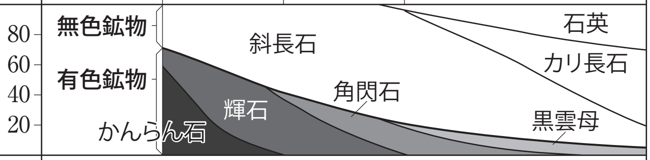
目標　鉱物の組合せや化学組成をもとにして，火成岩を分類できる

Chapter1　火成岩の分類

1　火成岩の分類

　中学理科では，火成岩が組織や鉱物によって分類されることを学びました。しかし,火山岩にはほとんど鉱物を含まないもの〔ほとんどがガラスからなるもの〕もあります。

→　火成岩の分類は，鉱物以外とも関係があるのでしょうか？

	超苦鉄質岩	苦鉄質岩	中間質岩	ケイ長質岩
火山岩		玄武岩	安山岩	デイサイト　流紋岩
深成岩	かんらん岩	斑れい岩	閃緑岩	花こう岩
鉱物の割合（体積%）				
SiO₂(質量%)	（少）　45	52	63	（多）
Mg, Fe	多			少
Na, K	少			多
密度(g/cm³)	（大）約3.0			約2.6（小）

・火山岩と深成岩

火山岩……マグマが地上や地表付近で（急速に ／ ゆっくりと）冷えてできたため,結晶が大きく成長できなかった岩石。

　地下で（急速に ／ ゆっくりと）冷える間にできた大きな結晶（斑晶 ／ 石基）が，地上や地表付近で冷えるときにできた（斑晶 ／ 石基）の中に浮いているように見える斑(はん)状組織を示す。

深成岩……マグマが地下で（急速に ／ ゆっくりと）冷えてできたため，結晶が全体的に大きく成長した岩石。この組織を等粒状組織という。

・火成岩の鉱物と化学組成

火成岩を構成する鉱物〔造岩鉱物〕の多くは，Siのまわりに Oが4つ結びついたSiO_4四面体が基本となっている。鉱物によって，SiO_4四面体の結びつき方や，四面体のすき間に入る元素が異なっている。

有色鉱物……MgやFeを（含み / 含まず），黒っぽく見える鉱物。
（例）かんらん石，輝石，角閃石，黒雲母
無色鉱物……MgやFeを（含み / 含まず），白っぽく見える鉱物。
（例）斜長石，カリ長石，石英
※　岩石中の有色鉱物の割合〔体積%〕を色指数という。

火成岩に含まれる鉱物と元素には，大まかにいえば前ページの図のような関係がある。

まとめ

火成岩は，＿＿＿＿組織を示す火山岩と，＿＿＿＿＿組織を示す深成岩に分けられる。これは，マグマの＿＿＿＿＿＿の違いを示している。
MgやFeを含み，黒っぽく見える鉱物を＿＿＿＿＿＿，MgやFeを含まず，白っぽく見える鉱物を＿＿＿＿＿＿という。
SiO_2が50%含まれる火山岩は＿＿＿＿＿とよばれ，色指数が10の深成岩は＿＿＿＿＿とよばれる。
苦鉄質岩と比べると，ケイ長質岩の方が密度は＿＿＿＿傾向がある。

復習

元素記号（中学理科）
代表的な元素は，記号でも表せるようにしておくと便利ですよ！
（岩石分野の例）
O：酸素
Na：ナトリウム
Mg：マグネシウム
Si：ケイ素
K：カリウム
Fe：鉄

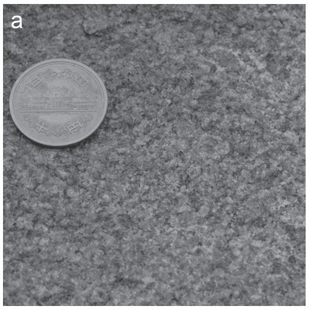
知っておこう

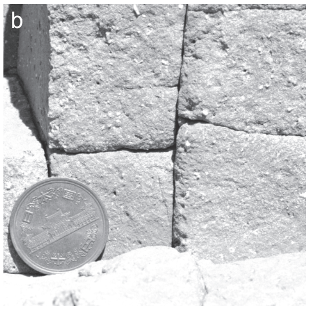
SiO_4? SiO_2?
結晶の構造としては四面体がくり返されて見えるので，「SiO_4四面体」とよばれます。しかし，SiO_4四面体が無数に結びついた結晶を考えると，それぞれのOは1つの四面体に独占されているのではなく，となり合う2つの四面体で共有されています。つまり，全体でみるとSiが1つに対してOは4つではなく，2つしか入っていません。そのため，成分としては「SiO_2」と表されます。

Chapter2　演習問題

□　火成岩の例

　火成岩は組織に加えて鉱物の組合せや化学組成によって分類されます。ここでは，具体的な岩石を例にして分類の練習をしてみましょう。





問題⑴　a の写真の岩石は，鉱物の粒子が比較的均等にぎっしりと詰まって見えます。この組織を何とよぶでしょうか。

問題⑵　b の写真の岩石は，全体的には鉱物の粒子が肉眼でほとんど見えませんが，ところどころに少し大きな白い斑点のように鉱物が確認できます。この組織を何とよぶでしょうか。

問題⑶　a の写真の岩石の鉱物を調べたところ，無色鉱物は斜長石だけが含まれており，その割合は岩石全体のうち 50 体積 % でした。この岩石の名称を答えましょう。

☞ 無色鉱物の割合がわかれば，有色鉱物の割合もわかりますね！

問題⑷　b の写真の岩石の化学組成を調べたところ，SiO_2 が 76% 含まれていました。この岩石の名称として考えられるものをすべて答えましょう。

第 3 講　PART2　確認問題

問 1　火成岩は，形成された場所により，a 火山岩と b 深成岩に分類される。それぞれの岩石の内部には黒っぽく見える c 有色鉱物と白っぽく見える d 無色鉱物が見られる。深成岩は，有色鉱物の含まれる割合によって岩石の見た目の色が異なっている。火成岩を形成している造岩鉱物は，e ケイ素と酸素からなる基本骨格の結びつきによりさまざまな形に変化している。

(1)　下線部 a について，火山岩は，大きな結晶が細かい結晶やガラスの中に浮かんでいるような組織を示す。この大きな結晶の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　へき開　　②　斑晶　　③　石基　　④　片理

(2)　下線部 b について，深成岩はほぼ同じ大きさの鉱物で形成されている。この組織の名称として最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　斑状組織　　②　等粒状組織

(3)　下線部 c について，有色鉱物に分類される鉱物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　カリ長石　　②　斜長石　　③　石英　　④　かんらん石

(4)　下線部 d について，有色鉱物には多く含まれるが無色鉱物に含まれない元素として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　Na　　②　O　　③　Mg　　④　Si

(5)　下線部 e について，火成岩に含まれる鉱物の基本骨格となっている構造として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　SiO_2 四面体　　②　SiO_4 四面体　　③　SiO_2 八面体　　④　SiO_4 八面体

< Note >

PART3 火山の形

目標　火山の形について，マグマや火山噴出物の性質と関連づけて説明できる

Chapter1　火山の形

1　火山の噴火

火山から出てくるものというと，溶岩，火山灰，火山ガスなど，いろいろなものがありますね。

→　これらは火山からどのようにして出てくるのでしょうか？

・火山の噴火のしくみ

①　地下深くでマグマが形成される。

②　マグマは周囲よりも密度が（大きい / 小さい）ため上昇するが，地下（数 km / 数百 km）のところで周囲と密度が等しくなって上昇をやめ，マグマだまりをつくる。

③　マグマだまりの中の圧力が上がったり，マグマの中で発泡が起こったりすると，マグマは再び上昇する。

④　マグマが上昇すると，圧力が（高く / 低く）なるため発泡が進み，マグマ全体としての密度が小さくなって勢いを増す。

⑤　上昇したマグマが地表から噴出する。

☞　密度の違いと運動との関係については第 12 講「地学基礎のための物理」，圧力と気体の溶け方との関係については第 12 講「地学基礎のための化学」で扱っています。気になる人はそちらもチェックしてください！

・火山噴出物

火山ガス……気体。水蒸気がほとんどで，二酸化炭素，硫化水素なども含む。

溶岩…………液体。地表を流れ，それが固まったものも溶岩とよぶ。

火山砕屑(さいせつ)物…固体。マグマのしぶきや，火山の一部がもとになっている。

（例）火山灰：粒子が 2mm より小さいもの

軽石：気泡が多く，（黒っぽい / 白っぽい）もの

・噴火の様式

溶岩流………溶岩が地表を流れる。

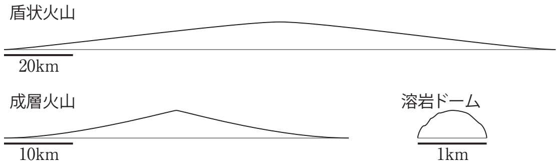
火砕流………火山ガスと火山砕屑物の混ざったものが地表を流れる。

火砕物降下…火山砕屑物が上空を飛び，地表に降る。

2 さまざまな火山

火山というと富士山と同じような形をイメージする人が多いでしょうが，実はいろいろな形があります。

→ 火山の形はどのようにして決まるのでしょうか？



		苦鉄質	中間質	ケイ長質	
火山岩		玄武岩	安山岩	デイサイト	流紋岩
マグマの特徴	SiO_2	（少）			（多）
	温度	（高）約1200℃			約900℃（低）
	粘性	（低：さらさら）			（高：どろどろ）
	水の量	（少）			（多）
代表的な噴火の様式		溶岩流	火砕物降下		火砕流
代表的な火山の形		盾状火山	成層火山		溶岩ドーム

盾状火山……粘性の（高い / 低い）溶岩が流れてできる

成層火山……溶岩と火山砕屑物が交互に積み重なってできる

溶岩ドーム…粘性の（高い / 低い）溶岩が盛り上がってできる

※：ケイ長質のマグマの噴火では，大爆発が起こることもある。

まとめ

火山の噴火は，マグマが地下の＿＿＿＿＿＿から上昇し，地表から噴出することで起こる。

火砕流は，＿＿＿＿＿＿と火山砕屑物の混ざったものが地表を流れる現象である。

火山の形は，マグマや火山噴出物の性質により異なっている。

＿＿＿＿火山：SiO_2 が少なく，粘性の低い溶岩

＿＿＿＿火山：溶岩と火山砕屑物

＿＿＿＿＿＿：SiO_2 が多く，粘性の高い溶岩

講師からのMessage

図や写真を見るときには，大きさを示す棒（スケールバーといいます）に注目しましょう！左の３つの火山をすべて同じスケール（たとえば 10km を 1cm とする）で描くとどうなるでしょうか？

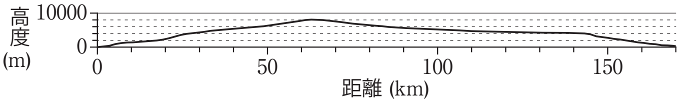
Chapter2　演習問題

□　火山の縦横比

代表的な火山の形として，盾状火山，成層火山，溶岩ドームを学びました。実際の火山を例として，これらの火山の形の違いを実感してみましょう。

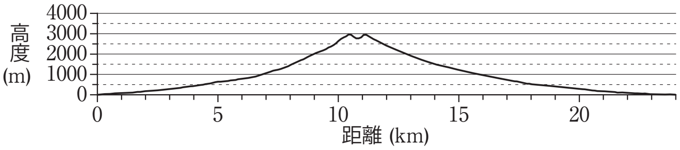
次の図は，マウナロア（盾状火山），富士山（成層火山），昭和新山（溶岩ドーム）の山頂を通る断面図です。ただし，高度は図の左端を 0m とした値となっており，図の右端はいずれも高度が約 0m です。以下では，この図の横幅をそれぞれの火山の直径，この図における山頂の高度をそれぞれの火山の高さと考えることにします。

マウナロア



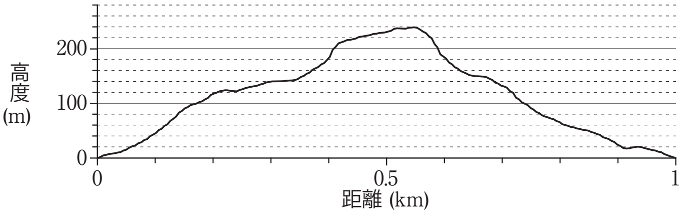
出典：NOAA（アメリカ海洋大気庁）

富士山



出典：国土地理院

昭和新山



出典：国土地理院

問題(1)　３つの火山の形を比べる方法について述べた次の文章中の（　　）については正しいものを選び，［　　］については火山の名前を答えてください。

「直径が高さの何倍か」を表す値を k とする。k が大きいほど, 火山の形は（平べったい / かたまりに近い）といえる。よって, ３つの火山を k の値が小さなものから順に並べると,

［　　　　　　］，［　　　　　　］，［　　　　　　］

になることが予想される。

問題(2)　まず，マウナロアに着目します。

(a)　マウナロアの高さは何 km でしょうか。図から読み取り，整数値で答えましょう。

ここがPOINT

縦軸の１目盛が何 m になっているのかに注意しましょう！また，単位にも気をつけてくださいね。

(b)　マウナロアの k の値を求めましょう。結果は小数第１位を四捨五入して，整数値で答えましょう。

問題(3)　富士山と昭和新山についても，(2)と同じようにして，k の値を求めましょう。

問題(4)　(2)，(3)の計算結果は，(1)の予想通りになったでしょうか。確認してみましょう。

第3講　PART3　確認問題

問1　火山は噴火によって，a火山ガス，b溶岩，c火山砕屑物を噴出する。d火山の形や噴火の様式は，マグマの粘性などによって決まっており，大きく3つに分類される。

⑴　下線部aについて，火山ガスに最も多く含まれる成分として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　二酸化炭素　　②　二酸化硫黄　　③　水蒸気　　④　硫化水素

⑵　下線部bについて，粘性が低い溶岩が固まってできた火成岩として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　玄武岩　　②　流紋岩　　③　安山岩　　④　花こう岩

⑶　下線部cについて，表面に火山ガスが抜けた穴が多数ある白っぽい火山砕屑物の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　火山弾　　②　火山岩塊　　③　軽石　　④　火山灰

⑷　下線部dについて，SiO_2が多く，粘性の高い溶岩で形成された火山の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　盾状火山　　②　成層火山　　③　溶岩ドーム　　④　溶岩台地

⑸　下線部dについて，溶岩と火山砕屑物が交互に重なって形成された火山の例として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　マウナロア　　②　富士山　　③　昭和新山

< Note >

PART4 世界の火山

目標　世界の火山活動について，プレート境界との関係を示して説明できる

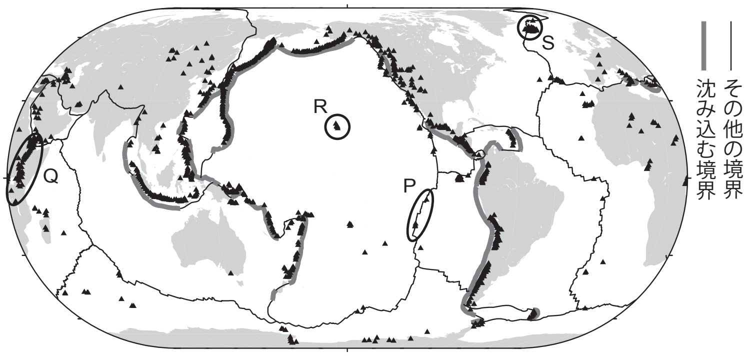
Chapter1　世界の火山

1　世界の火山活動

火山の形は, マグマの性質と関係していることを学びました。

→　どのような火山が, どのような場所に分布するのでしょうか？

・世界の活火山の分布とプレート境界



→　多くの火山がプレートの沈み込む境界に沿って分布するほか，それ以外にもいくつかの分布のパターンがある。

・プレートの沈み込む境界

プレート A がプレート B の下に沈み込むとき, 海溝からみてプレート（A / B）側の地表に火山が分布する。火山列は海溝とほぼ平行。

島弧……日本列島など　　　陸弧……アンデス山脈など

さまざまな火山が形成されるが,

火山の形……（盾状火山 / 成層火山）

火山岩………（玄武岩 / 安山岩）　　　が特徴的。

・プレートの発散境界

図の P は，プレートの発散境界にあたる海嶺に火山があることを示している。「火山」の形になっていないものも含めると，世界のマグマの半分以上はプレートの発散境界でつくられている。

知っておこう

活火山

過去約 1 万年間に活動した火山を活火山とよびます。

☞　プレートの沈み込む境界の火山については，「PART6 日本列島の火山」で詳しく扱います！

火山岩……ほとんどが（玄武岩 / 安山岩）

海嶺となっている部分が多いが，地溝帯（図の Q）もある。

※枕状溶岩

海底から出てきたマグマが, 海水により（急激に / ゆっくりと）冷やされてできる。新しいものが上につくられていくので，枕が積み重なったように見える。

・ホットスポット

前ページの図 R〔ハワイ諸島〕のように，プレート境界とは無関係な場所に火山が形成されていることがある。これらはマントルのプルームに由来する火山であり，このような場所をホットスポットという。

基本的に，

火山の形……（盾状火山 / 成層火山）

火山岩……（玄武岩 / 安山岩）

となっている。

※アイスランド

図の S〔アイスランド〕は，海嶺とホットスポットが重なった場所。活発な火山活動がみられる。

まとめ

多くの火山の分布は，プレート境界と関係している。

プレートの沈み込む境界では火山が＿＿＿＿＿＿と平行に並ぶ。

プレートの発散境界で形成される火山岩のほとんどは＿＿＿＿岩であり，マグマが海水に急冷されることで＿＿＿＿＿＿＿ができる。

プレート境界と無関係なハワイのような＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿でも火山はみられる。

Chapter2　演習問題

□　ホットスポット火山列

ホットスポットはプレート境界とは関係なく火山が形成される場所で，長い期間でみても位置がほとんど変化しないと考えられています。ホットスポットの上をプレートが移動することでどのようなことが起こるのか，考えてみましょう。

問題⑴　白い紙〔裏紙でかまいません〕の真ん中に鉛筆で「①」と書いてください。次に, 鉛筆を持った手の場所を動かさずに, 反対の手で紙を真上に少しずらして「②」と書いてください。同じように紙を少しずつずらして，「③」「④」「⑤」と順に書いてください。書き終わったとき，５つの数字はどのように並んでいるでしょうか。

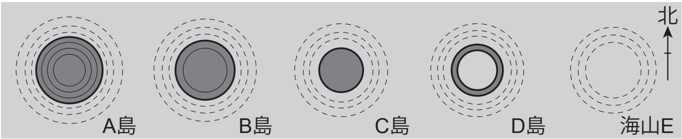
問題⑵　⑴の結果について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

この実験では，鉛筆を持った手の場所がホットスポット，白い紙がプレートを表している。また，５つの数字は火山を表していて，①が最も（新しい / 古い）火山，⑤が最も（新しい / 古い）火山である。

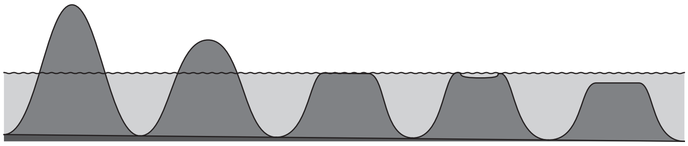
実験の結果をもとに考えると，プレートが北に向かって移動しているとき，ホットスポットでできる火山の列は（南北 / 東西）に並ぶ。また，この列の中では古い火山ほど（北 / 東 / 南 / 西）にあると考えられる。

問題(3)　次の図は，海のプレート X の上にある島と海山のようすを示したものです。現在，A 島ではホットスポットによる活発な火山活動がみられます。また，A 島から東に 2000km 離れた海山 E の岩石を採取して調べたところ，この岩石は 2000 万年前に形成されたことがわかりました。この海域のプレート運動について説明した下の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

上から見た図



横から見た図



5 つの島と海山が同じホットスポットの火山活動でできたとすると，プレート X は（北 / 東 / 南 / 西）向きに移動していると考えられる。

さらに，プレート X の運動する速さが変化していないと仮定すると，プレート X の速さは 1 万年あたり 1km，すなわち 1 年あたり（1cm / 10cm / 1m / 10m）と求められる。

知っておこう

海山

山頂が海面下にある山を海山とよびます。

海山には山頂が一度も海面上に出ていないものもありますが，島のうち海面上にあった部分が侵食や爆発などで失われることで海山となったものもあります。

☞ 速さの考え方が苦手な人は，第 12 講「地学基礎のための数学」もチェックしてください！

第3講 PART4 確認問題

問1 世界には多くの a 活火山が存在しているが，一様に分布しているわけではなく，ほとんどはプレートの境界付近に集まっている。プレートの境界に関しても，b 海嶺付近と沈み込み境界では噴出している溶岩の性質が違うため，火山の形も違っている。また，ハワイ諸島のようにプレートの境界とは関係がない所に分布する火山もいくつか存在している。このような場所を c ホットスポットという。

(1) 下線部 a について，活火山は，過去約何年以内に活動した火山と定義されているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 150 年　② 1 万年　③ 260 万年　④ 6600 万年

(2) 下線部 b について，海嶺でみられる火山岩の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 玄武岩　② 安山岩　③ 流紋岩　④ 花こう岩

(3) 下線部 b について，海嶺で噴出した溶岩は海水中で急速に冷やされて固まり，特徴的な形状をしている。その名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 塊状溶岩　② 縄状溶岩　③ 枕状溶岩　④ 溶岩樹形

(4) 下線部 b について，プレートの沈み込み境界の付近で多くみられる火山の形として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

① 盾状火山　② 成層火山　③ 溶岩台地

(5) 下線部 c について，ハワイ諸島では，過去の火山活動で作られた海山や島が東西に並んでおり，その東の端で活発な火山活動が起こっている。ハワイ諸島付近の海のプレートは，どのような向きに移動していると考えられるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 北から南　② 東から西

③ 南から北　④ 西から東

＜ Note ＞

PART5 マグマのでき方【発展】

目標　マントル物質の部分溶融を起こす 3 つの過程を挙げ，説明できる

Chapter1　マグマのでき方【発展】

1　マントル物質の状態変化

第 1 講では，地殻やマントルが固体であることを学びました。しかし，マグマができるということは，どこかで岩石がとけているはずです。

→　地球上で，岩石はどのようにしてとけるのでしょうか？

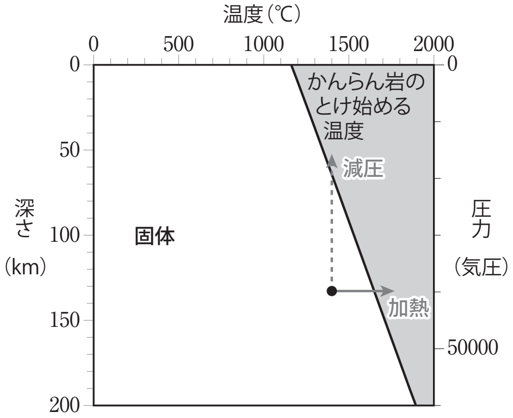
・氷のとけ方と岩石のとけ方

氷は「水」〔H_2O〕だけからできているが，岩石はさまざまな鉱物が混ざったもの。

→　温度を上げたとき，全体が一気にとけるのではなく，とけやすい成分からとける。これを部分溶融という。

・岩石をとかす 2 つの方法

多くの鉱物について，圧力が高いほど融点は高い。そのため，岩石のとけ始める温度〔部分溶融の始まる温度〕は，地下深くなるほど高い。



→　●のかんらん岩を温める〔加熱する〕か，浅いところに動かす〔減圧する〕ことで，部分溶融を起こすことができる。

講師からのMessage

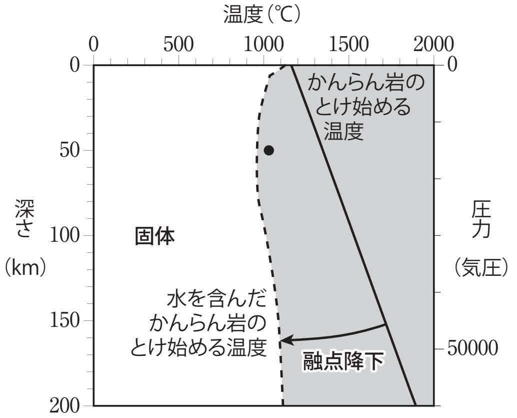
「PART5 マグマのでき方」の内容は，「地学基礎」の範囲外（「地学」の範囲）です。火山活動についての理解を深めるために役立つので，肩の力を抜いて学習してみてください！

復習

融点（中学理科）
固体から液体に状態が変化する温度。液体から固体に変化する温度でもあり，その意味で凝固点ともよばれます。

・岩石をとかすもう1つの方法

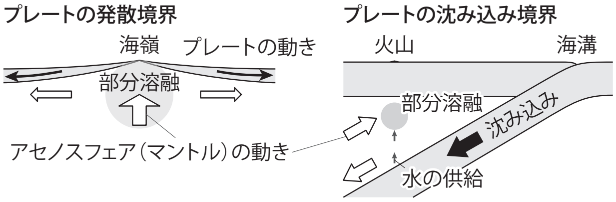
岩石のとけ始める温度は，水を含むことで低くなる。



→ ●のかんらん岩に水を加えることで，部分溶融を起こすことができる。

・地球上でのマグマのおもなでき方

地下のかんらん岩が上昇して減圧されることで部分溶融が起こる。プレートの沈み込み境界では，沈み込む海のプレート上に含まれていた水がアセノスフェアへと供給されることも，部分溶融の原因となっている。



※ホットスポット

ホットスポットでは深いところにあったマントル物質が上昇して，減圧による部分溶融が起こっている。

まとめ

岩石は，温度を＿＿＿＿＿＿こと，圧力を＿＿＿＿＿＿こと，水を加えることで部分溶融する。

プレートの＿＿＿＿＿＿境界やホットスポットでは，おもに減圧によりかんらん岩の部分溶融が起こり，マグマが発生している。

プレートの＿＿＿＿＿＿境界では，水の供給も重要である。

講師からのMessage

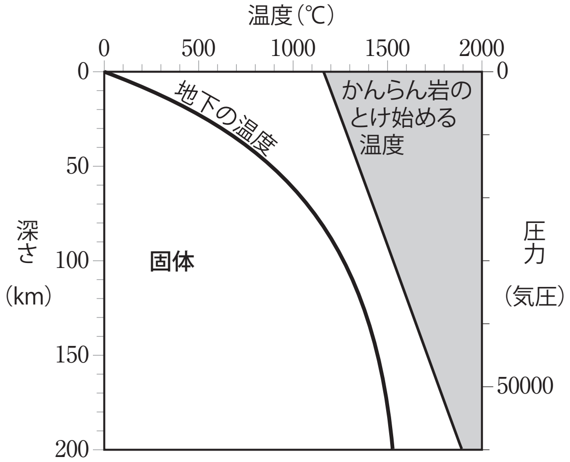
岩石をとかすなら，まず加熱……と思いますが，考えてみれば地下の岩石を加熱するのは難しそうです。
加熱をおもな原因として岩石がとけるのは，熱いマグマが地殻に入り，周囲の岩石を温める場合などに限られます。ちょっと意外ですね！

Chapter2　演習問題

□　マグマのできやすい場所

岩石がとけやすいのは，どのような場所でしょうか。グラフを用いて，大まかに見積もってみましょう。

問題(1)　減圧のみ，つまり岩石を浅いところに上昇させることだけによってとかすことを考えます。このことについて説明した下の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

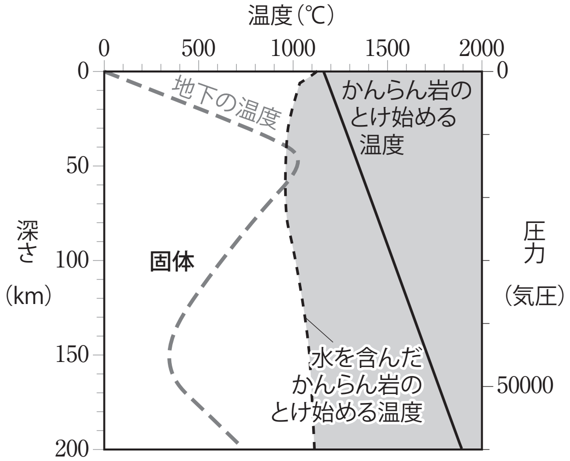


地下の温度が上の図のようになっているとき，かんらん岩を浅いところに上昇させたとする。とけ始めるまでの深さの変化量が最も小さいのは，元の深さがおよそ（60km / 120km / 180km）のときである。このとき，上昇したかんらん岩がとけ始める深さは，およそ（50km / 100km / 150km）である。

ここがPOINT

「減圧のみ」ということは，温度は変わらない，ということです。つまり，図の中で横方向には動かず，上下にのみ動くということですね！

問題(2)　プレートの沈み込む境界において，アセノスフェア（マントル）に水を加えることだけによって岩石をとかすことを考えます。このことについて説明した下の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。



プレートの沈み込む境界では，地下の温度分布が他の地域と大きく異なる。これは，沈み込むプレートが周囲のアセノスフェアと比べて（冷たい ／ 温かい）からである。上の図では，沈み込むプレートが深さおよそ（50km ／ 150km）にあることがわかる。

地下の温度が上の図のようになっているとき，かんらん岩に水が加わったとする。かんらん岩のとけ始める温度が低下して部分溶融が起こるのは，深さが（50km ／ 150km）前後の部分だと考えられる。

第 3 講　PART5　確認問題

問 1　一般に，圧力が高くなるほど，鉱物の融点は（　ア　）なる。そのため，岩石がとけ始める温度は，地下深くなるほど（　イ　）なる。

液体であるマグマは，固体であるマントルの岩石が部分的にとけることで形成される。固体の岩石がとける過程には，

(i)温度が（　ウ　），(ii)圧力が（　エ　），(iii)水が供給される

という 3 つがある。

(1)　空欄ア，イにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ア：高く　イ：高く　　②　ア：高く　イ：低く
③　ア：低く　イ：高く　　④　ア：低く　イ：低く

(2)　空欄ウ，エにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ウ：上がる　エ：上がる　　②　ウ：上がる　エ：下がる
③　ウ：下がる　エ：上がる　　④　ウ：下がる　エ：下がる

(3)　(iii)の過程がマグマの発生を引き起こす理由として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　岩石の水溶液ができるから。
②　岩石と水の化学反応で温度が上がるから。
③　岩石のとけ始める温度が下がるから。
④　水が沸騰して岩石を破壊するから。

(4)　(iii)の過程がマグマの発生において重要な役割を果たしている場所として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　沈み込み境界　②　海嶺　③　ホットスポット　④　地溝帯

< Note >

PART6 日本列島の火山

目標　日本列島の火山の分布を，プレート境界と関連付けて説明できる

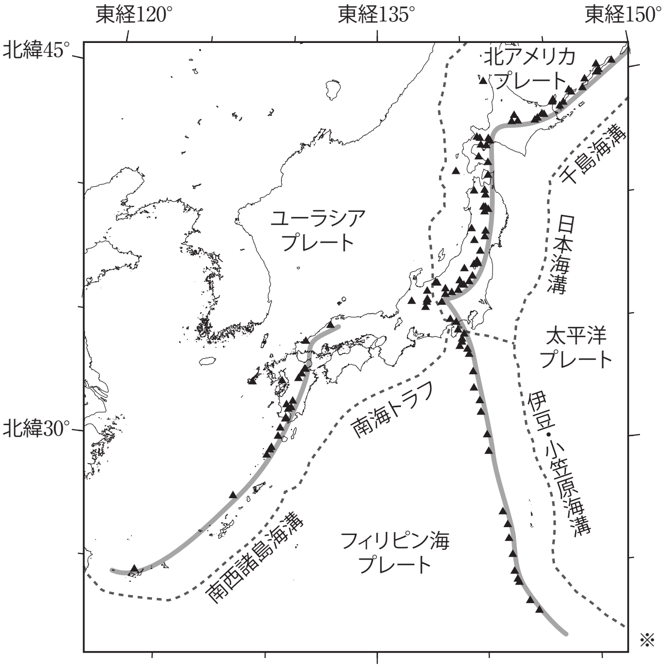
Chapter1　日本列島の火山

1　日本列島の火山

日本列島はプレートの沈み込む境界にあたります。また，プレートの沈み込む境界では，海溝に沿って火山列が形成されていることを学びました。

→　日本列島の火山の分布を詳しく見ると，何か特徴は見えてくるでしょうか？

・火山前線



※

活火山（▲）の分布は海溝やトラフとほぼ平行で，海溝側に限界（灰色の線）をもっているように見える。この線を火山前線という。火山前線は海溝から（20 ～ 30km ／ 200 ～ 300km）程度離れており，多くの火山は火山前線の近くに分布する。

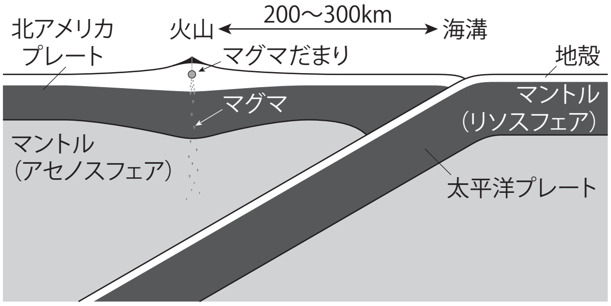
知っておこう

日本の活火山

左の図に示されているのは気象庁が指定している活火山で，全部で 111 火山あります。観光地になっているものも多くありますが，訪れるときは火山活動を確認しましょう！

☞　火山活動と人間活動とのかかわりについては，第 11 講で扱います！

※出典：気象庁　日本活火山総覧（第４版）　web 掲載版　活火山一覧表（https://www.data.jma.go. jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/appendix/volcano_list.pdf）のデータから作成



沈み込み帯では，プレートがある程度の深さに達したところの上のマントルでマグマができる。そのため，火山ができるためには海溝からある程度離れる必要がある。

☞ 「ある程度の深さ」とは，PART5 で扱った「マントルへの水の供給」が起こる深さです！

・日本列島の火山と火山岩

日本列島では，さまざまな化学組成のマグマが形成される。そのため，分布する火山や火山岩の種類も多い。

（例）

富士山……おもに玄武岩からなる（成層火山 / 盾状火山）

昭和新山……おもにデイサイトからなる（成層火山 / 溶岩ドーム）

阿蘇山……玄武岩から流紋岩までさまざまな火山岩からなる。過去の大爆発により大規模なカルデラが形成された。

※カルデラ

地下のマグマだまりから大量のマグマが放出され，地表が陥没することでできた巨大なくぼ地〔凹状の地形〕。

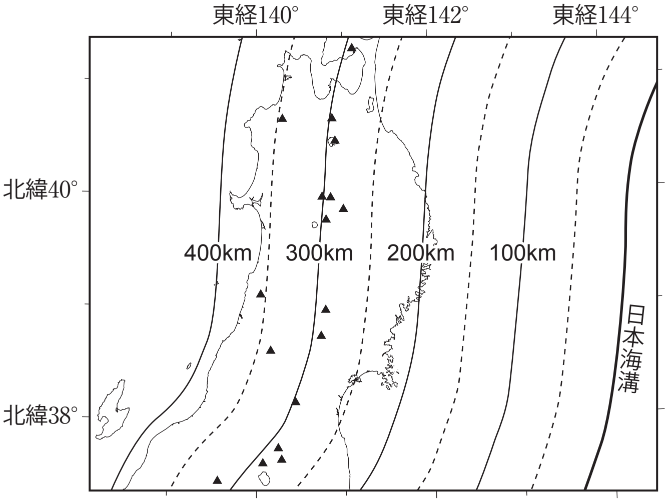
まとめ

日本列島では，火山が海溝やトラフに沿って並ぶ。
火山の分布する海溝側の限界線を____________といい，
この線は海溝から 200 〜 300km 程度離れている。
日本列島には多くの火山が分布し，大爆発によって形成された巨大なくぼ地である____________をもつ火山もある。

Chapter2　演習問題

□　太平洋プレートの沈み込みと火山

東北地方では，太平洋プレートが北アメリカプレートの下に沈み込んでいます。東北地方の火山の分布について，少し詳しく見てみましょう。

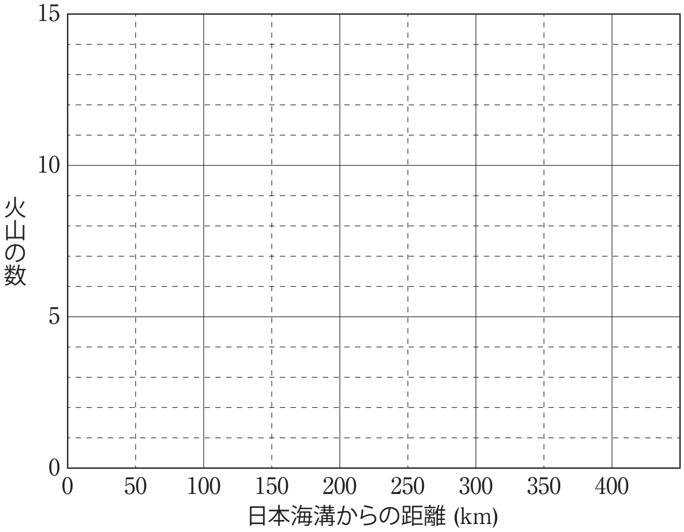


出典：気象庁　日本活火山総覧（第４版）　web 掲載版　活火山一覧表（https://www.data.jma.go. jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/appendix/volcano_list.pdf）のデータから作成

問題(1)　上の図は，東北地方の活火山の分布と，日本海溝からの距離を示した地図です。この図をもとにして，日本海溝からの距離と活火山の数についての度数分布表の空欄を埋めましょう。

階級（日本海溝からの距離）	度数（火山の数）
0km 以上　50km 未満	
50km 以上　100km 未満	
100km 以上　150km 未満	
150km 以上　200km 未満	
200km 以上　250km 未満	
250km 以上　300km 未満	
300km 以上　350km 未満	
350km 以上　400km 未満	
合計	17

問題(2)　(1)の度数分布表をもとにして，ヒストグラムを描きましょう。



問題(3)　東北地方の活火山の分布を示す地図と(1)，(2)の結果について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

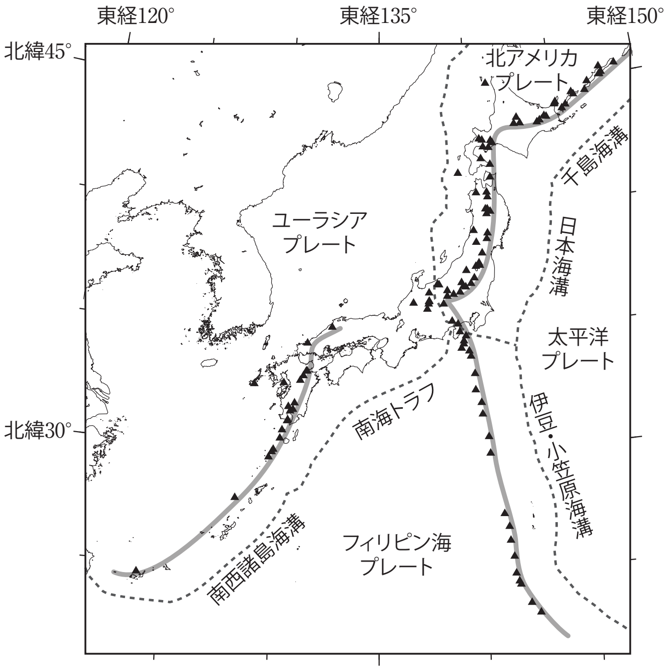
東北地方では，日本海溝から（250 ~ 300km / 350 ~ 400km）離れた位置に火山前線が位置している。また，活火山は火山前線の（50km 以上太平洋側 / 周辺 / 50km 以上日本海側）に多く分布していることがわかる。

復習

ヒストグラム（中学数学）
横軸に階級，縦軸に度数をとった柱状のグラフ。ヒストグラムを描くことで，度数分布表の結果をわかりやすく示すことができます。

第 3 講　PART6　確認問題

問 1　日本列島には世界の a 活火山のうち約 1 割が存在している。日本列島の火山の分布は，図のように b 特徴的な分布になっている。このように海溝やトラフに沿った分布になるのは，プレートが沈み込み，ある程度の深さに達したところのマントル中でマグマができるためである。日本では，さまざまな化学組成のマグマが形成されるため，多様な c 火山地形や d 火成岩がみられる。



出典：気象庁　日本活火山総覧（第 4 版）　web 掲載版　活火山一覧表（https://www.data.jma.go. jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/appendix/volcano_list.pdf）のデータから作成

⑴　下線部 a について，日本にある活火山の数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 10　　②　約 100　　③　約 1000　　④　約 10000

⑵　下線部 b について，図中の灰色の太い実線の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海嶺　　②　海山列　　③　火山前線　　④　停滞前線

⑶　東北地方において⑵の線は海溝からどのくらい離れているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　5 ～ 10km　②　20 ～ 30km　③　50 ～ 100km　④　200 ～ 300km

⑷　下線部ｃについて，カルデラとはどのようにして形成された地形か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　粘性の大きなマグマが地表を押し上げた。

②　地表に隕石が衝突した。

③　爆発的な噴火によって地表が陥没した。

④　マグマの中の気泡が抜けた。

⑸　下線部ｄについて，昭和新山を形成するおもな火成岩として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　花こう岩　②　デイサイト　③　安山岩　④　玄武岩

第 4 講　地震
PART1 地震と断層

目標　力のかかり方と断層のずれ方の関係について説明できる

Chapter1　地震と断層

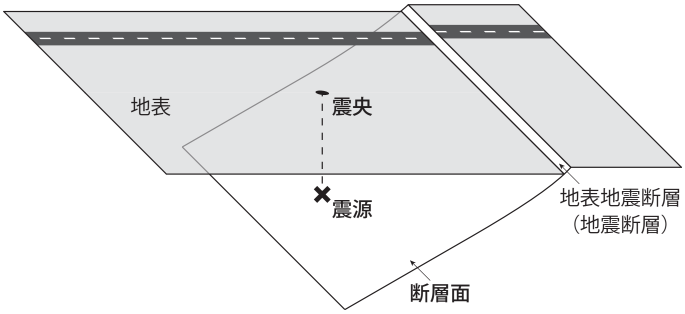
1　断層とそのずれ方

　中学理科では，地震によって地上のずれが生じることについて学びました。

→　そもそも，断層はどのようにしてできるのでしょうか？

・**震源と断層**

　地震は，地下の面に沿って岩石が破壊され，急激にずれる現象である。破壊の起こった面を**断層面**という。



震源……破壊の（始まった / 終わった）点。

震央……震源の真上の地表の点。

地表地震断層……断層面が地表に現れたもの。

・**断層運動と震源域**

　断層は，断層面に沿って岩石をずらす。この動きを断層運動という。

　断層運動の広がった領域を**震源域**といい，震源域が大きいほど断層のずれは（大きい / 小さい）。また，大きな地震の後には震源域やその周りで多くの（余震 / 本震）が発生する。

講師からのMessage

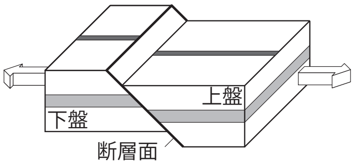
　地震とは断層面のずれである，という考え方は，20 世紀のはじめ頃になって世界的に認められるようになりました。

　地震は身近な現象ですが，理解が進んだのは意外と最近なんですね！

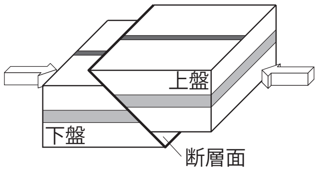
・ **断層のずれ方**

断層のずれ方は，上下方向と水平方向のずれによって分類される。

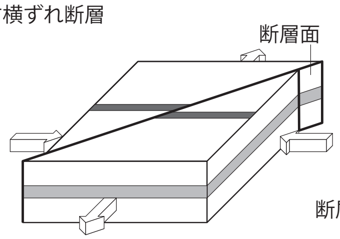
正断層



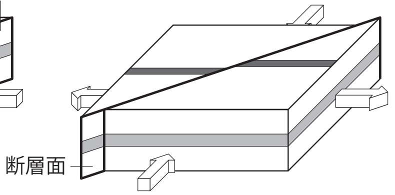
逆断層



右横ずれ断層



左横ずれ断層



	水平方向にはたらく力	**ずれ**
正断層	強い引っ張り	上盤がずり落ちる
逆断層	強い圧縮	上盤がのし上がる
右横ずれ断層	押し引き〔ずれ〕	断層をはさんだ相手が右に動く
左横ずれ断層	押し引き〔ずれ〕	断層をはさんだ相手が左に動く

まとめ

地震は地下の岩石が面に沿って破壊される現象であり，破壊の起こった面を＿＿＿＿＿＿，破壊の始まった点を＿＿＿＿＿＿という。

断層のずれの方向は，力のはたらく向きによって決まる。

水平方向に強い圧縮の力がはたらいているとき，上盤が下盤の上をのしあがる＿＿＿断層となる。

水平方向に強い引っ張りの力がはたらいているとき，上盤が下盤の上をずり落ちる＿＿＿断層となる。

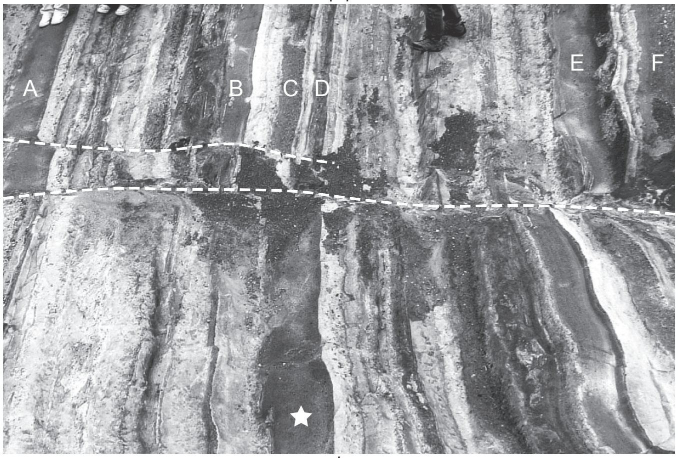
水平方向に押しと引きの力がはたらいているとき，右横ずれ断層または左横ずれ断層となる。

Chapter2　演習問題

□　横ずれ断層と力の向き

断層にはさまざまな大きさのものがあります。大きな被害をもたらす地震には 100km 以上の長さをもつ断層によって引き起こされるものもありますが，野外で地層を観察してみると，長さ数 m という小さな断層もあります。ここでは，断層が地層を切っているようすをもとにして，断層運動や力のはたらきについて考えてみましょう。

西



南　北

東

問題(1)　上の写真は，黒い部分と白い部分のくり返しからなる海岸において，地層が断層によって切られているようすを示しています。2 本の白い線（破線）が断層で，これらの断層をはさんで地層はずらされています。断層の東側の☆で示された黒い部分は，断層の西側の **A**～**F** のうちどの部分に対応するか，考えてみてください。

ここがPOINT

断層をはさんで地層はずらされますが，順番が入れ替わることはありません。ですから，☆だけではなく，白黒のくり返し全体に着目すれば，断層を挟（はさ）んだ対応関係が見えてきます！

問題⑵　この写真の断層について考えられることについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

⑴の結果をもとに考えると，写真に示された断層は，２本とも（正断層 / 逆断層 / 右横ずれ断層 / 左横ずれ断層）である。これらの断層をずらした力は，（北西―南東 / 北東―南西）方向に押し縮め，（北西―南東 / 北東―南西）方向に引きのばすような力だったと考えられる。

第 4 講　PART1　確認問題

問 1　プレートの収束境界では，地面には力がかかり続けている。この力に耐えきれなくなると，a 地下の面に沿って岩石が破壊され，急激にずれる。これが地震であり，この破壊の起こった面を断層面という。断層面に沿って断層が形成され，b ずれ方によりさまざまに分類されている。大きな地震の後には，震源域やその周りで多くの（　c　）が発生する。

(1)　下線部 a について，岩石の破壊が始まった点を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　震央　　②　震源　　③　本震　　④　余震

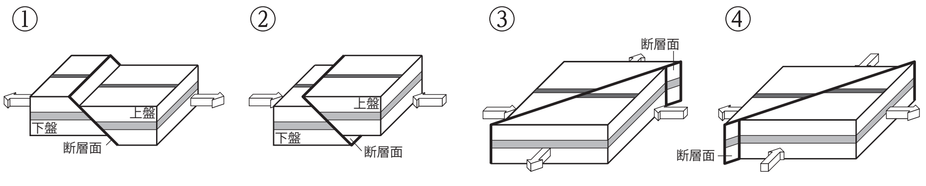
(2)　下線部 b について，正断層は地面にどのような力がはたらいて形成されるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　水平方向に引っ張る力　　②　水平方向に圧縮する力
③　上下方向に引っ張る力　　④　上下方向に圧縮する力

(3)　下線部 b について，断層面に対し，上盤が下盤の上にのし上がるようにして形成される断層の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　右横ずれ断層　　②　左横ずれ断層　　③　正断層　　④　逆断層

(4)　下線部 b について，右横ずれ断層のしくみを模式的に表した図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。



⑸　文章中の空欄ｃにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　震央　　②　震源　　③　本震　　④　余震

PART2 地震波とその伝わり方

目標　初期微動継続時間と震源からの距離との関係について説明できる

Chapter1　地震波とその伝わり方

1　初期微動継続時間と震源からの距離

中学理科では，震源から遠い地点ほど初期微動継続時間が長いことを学びました。

→　初期微動継続時間と震源からの距離との間には，どのような関係式が成り立つのでしょうか？

・P 波と S 波

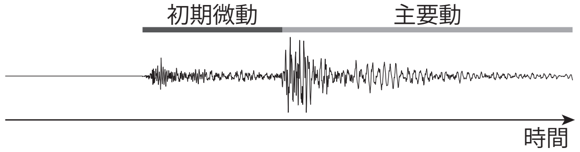
P 波……波の進む方向と（垂直な / 同じ）方向に岩石を押したり引いたりする波。

S 波……波の進む方向と（垂直な / 同じ）方向に岩石をゆらす波。

P 波と S 波は，震源で（同時に / P 波の方が先に / S 波の方が先に）発生する。岩石中を伝わる速度は（P 波 / S 波）の方が大きい。

・**初期微動と主要動**

地震が起こったとき，地震計に記録されるゆれは，はじめのうち比較的小さく，ある時刻から大きくなる。この最初のゆれを**初期微動**，大きなゆれを**主要動**という。



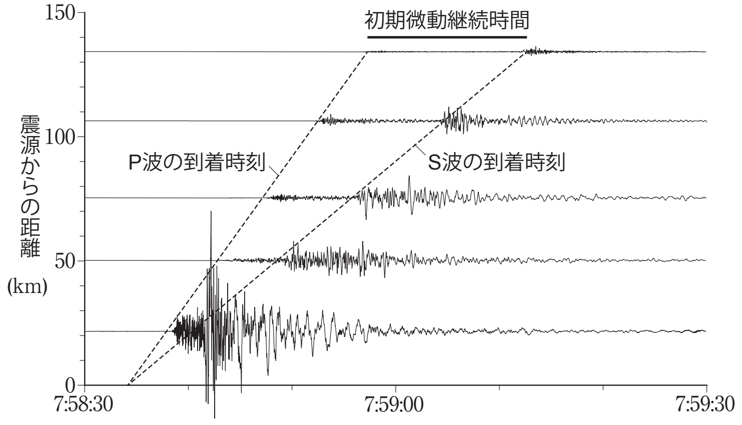
出典：気象庁

初期微動…地震波のうち，（P 波 / S 波）によるゆれ。

主要動……地震波のうち，おもに（P 波 / S 波）によるゆれ。

・ **初期微動継続時間**

初期微動が始まってから，主要動が始まるまでの時間を**初期微動継続時間**という。



出典：気象庁

→ 初期微動継続時間は，震源からの距離に（比例 / 反比例）する。

☞ 比例と反比例を忘れてしまった人は，第 12 講「地学基礎のための数学」も参考にしてください！

まとめ

震源で発生する地震波には P 波と S 波がある。地震波を観測すると，岩石中を速く進む________の方が先に観測される。
P 波が到達してから S 波が到達するまでのゆれを
__________といい，このゆれの続く時間を
____________________という。この時間は，震源からの距離に比例する。
S 波が到達してからの大きなゆれを__________という。

Chapter2　演習問題

□　初期微動継続時間と震源からの距離との関係式

初期微動継続時間は，震源からの距離に比例することを学びました。どうしてそのようなことがいえるのか，計算式を用いて考えてみましょう。

問題(1)　震源から観測点までの距離を d, P 波の速度を v とします。P 波が震源から観測点まで進むのにかかる時間を t として，t を d と v で表しましょう。

問題(2)　震源から観測点までの距離を d, S 波の速度を V とします。S 波が震源から観測点まで進むのにかかる時間を T として，T を d と V で表しましょう。

問題(3)　初期微動継続時間を x として, x を t と T で表しましょう。

ここがPOINT

距離と時間と速度の関係を思い出しましょう。単位がヒントになりますよ！

速さの考え方が苦手な人は，第12講「地学基礎のための数学」も参考にしてください。

問題(4) (1)(2)(3)の結果を用いて，x を d，v，V で表しましょう。その式から「初期微動継続時間は，震源からの距離に比例する」ということが読み取れるでしょうか。

第 4 講　PART2　確認問題

問１　地震が起こるとき，震源ではＰ波とＳ波という２つの波が同時に発生する。各地で観測される地震のゆれは，ａはじめのうちは小さく，ある時点から急に大きくなることが多い。はじめの小さなゆれを（　ア　）といい，あとの大きなゆれを（　イ　）という。

⑴　下線部ａについて，はじめの小さなゆれを起こす波はＰ波，Ｓ波のどちらか。また，その波はどのように伝わるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　Ｐ波で，波の進む方向と同じ方向に地面を押したり引いたりする。
②　Ｐ波で，波の進む方向と垂直な方向に地面をゆらす。
③　Ｓ波で，波の進む方向と同じ方向に地面を押したり引いたりする。
④　Ｓ波で，波の進む方向と垂直な方向に地面をゆらす。

⑵　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　主要動　②　初期微動　③　本震　④　余震

⑶　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　主要動　②　初期微動　③　本震　④　余震

⑷　初期微動継続時間とは何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　（　ア　）の始まった時刻
②　（　イ　）の始まった時刻
③　（　ア　）が始まってから（　イ　）が始まるまでの時間
④　（　ア　）が始まってから（　イ　）が終わるまでの時間

(5) 初期微動継続時間は震源からの距離とどのような関係にあるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 震源からの距離に関わらず一定である。

② 震源からの距離に反比例する。

③ 震源からの距離に比例する。

④ 震源からの距離の 2 乗に反比例する。

PART3 日本列島の地震

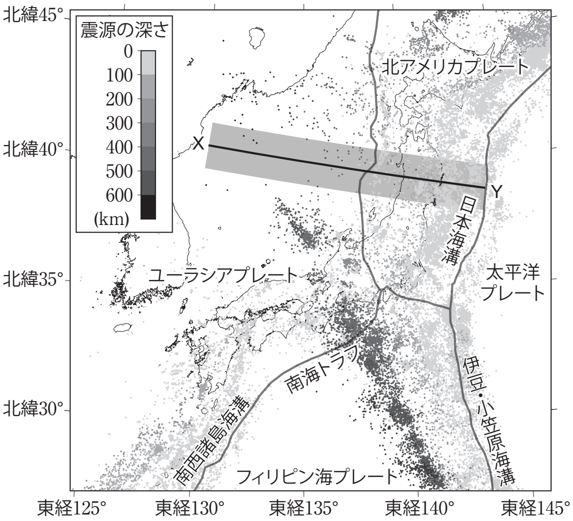
目標　日本列島の地震をプレート境界との関係をもとに分類できる

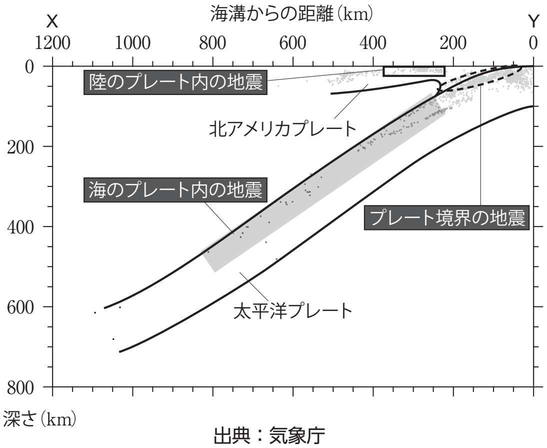
Chapter1　日本列島の地震

1　日本列島の地震とプレート境界

これまでに，日本列島はプレートの沈み込む境界に位置しているということを学びました。

→　日本列島とその周辺では，どのような地震が起きているのでしょうか？





出典：気象庁

・**プレート境界の地震**

海溝付近の浅いところで周期的に起こる巨大地震など。周期は数十年～数百年と比較的短いことが多い。

通常時……海のプレートの沈み込みによって陸のプレートが引きずり込まれ，ひずみがたまる。

地震時……プレートどうしの境界で破壊が起こり，ひずみが解消される。

・**陸のプレート内の地震**

大陸地殻の内部の浅いところでくり返し起こる活断層の地震など。周期は数百年～数万年と比較的長いことが多い。

通常時……海のプレートの沈み込みにより陸のプレートが水平方向に（押し縮められ / 引き伸ばされ），ひずみがたまる。

地震時……陸のプレートの内部の断層で破壊が起こり，ひずみが解消される。

・**海のプレート内の地震**

沈み込む海のプレートの内部で起こる地震。地表付近から深さ約（70km / 700km）まで発生する。

まとめ

日本付近で発生する地震はプレートとの関係で分類できる。

・プレート境界〔海溝付近〕の地震
短い周期で周期的に起こる巨大地震など。震源は浅い。

・陸のプレート内〔大陸地殻内〕の地震
長い周期でくり返し起こる__________の地震など。震源は浅い。

・海のプレート内の地震
震源は地表付近から深さ約________kmまで分布する。

☞ 地震による災害については，第 11 講で扱います！

知っておこう

ひずみの蓄積

岩石のような固体でも，一方向の強い力を加えると伸びや縮みなどの変形が起こります。この変形をひずみとよびます。

力を加え続けると岩石にひずみが蓄積されますが，岩石の耐えることのできるひずみには限度があります。ひずみがその限度に達すると，岩石の破壊，つまり地震が起こります。

知っておこう

活断層

過去数十万年間にくり返し活動し，今後も活動する可能性の高い断層を活断層とよびます。活断層がくり返し活動することで，直線的な地形が作られることがあります。

Chapter2　演習問題

□　プレート境界の地震と地殻変動

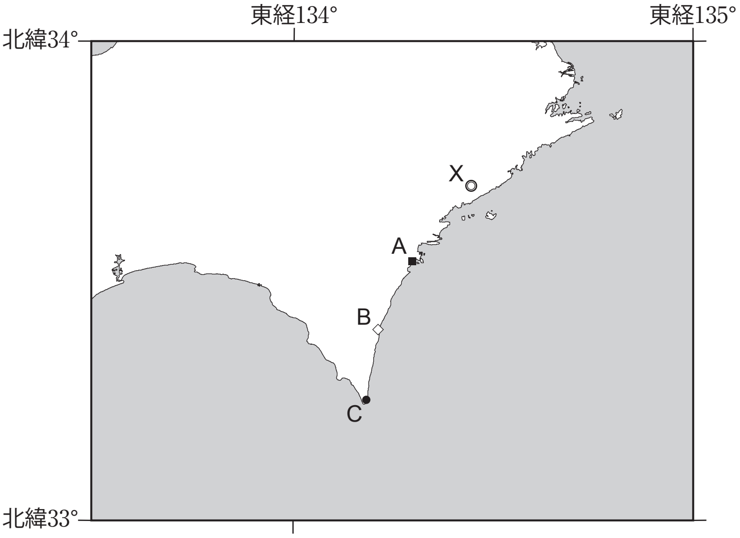
地面の標高が大きくなることを隆起，標高が小さくなることを沈降といいます。土地の隆起や沈降をあわせて地殻変動といい，地殻変動の大きな日本列島では，古くからその測定が行われてきました。

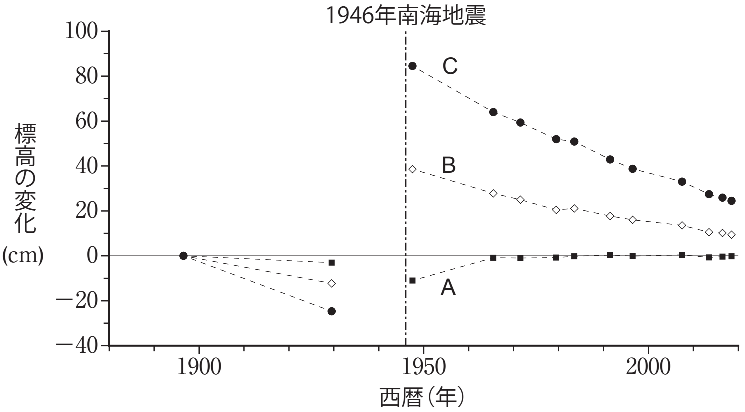
ここでは, 四国の南東部〔徳島県～高知県〕を例として, プレート境界付近でどのような地殻変動が起きるのかを見てみましょう。

講師からのMessage

各地点の標高を調べることを水準測量といいます。日本における全国的な水準測量は 1883 年に始まり，100 年以上にわたる標高の変化が記録されています。

なお，水準測量では，2 地点間の高低差を 0.1mm まで求めています。昔ながらの方法ですが，とても高精度なんですよ！





出典：国土地理院

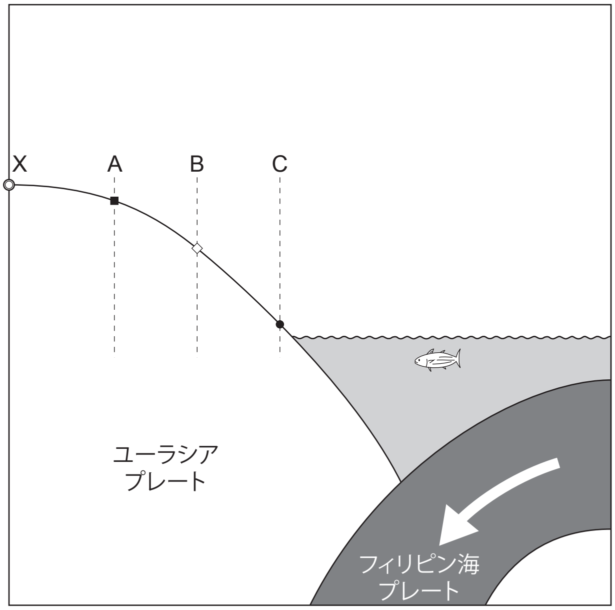
問題(1)　前ページのグラフは，1896 年から 2018 年までにおける，地図中の A～C 点の標高の変化を表しています（ただし，X 点の標高は変化していないと考えています)。この図から読み取れることについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

南海地震の前には，A～C 点はすべて（隆起 / 沈降）していた。1896～1929 年と同じ速さの地殻変動が南海地震直前まで続いていたと仮定すると，南海地震によって

A 点は約（6 / 12 / 60 / 120）cm（隆起 / 沈降）
B 点は約（6 / 12 / 60 / 120）cm（隆起 / 沈降）
C 点は約（6 / 12 / 60 / 120）cm（隆起 / 沈降）
したと考えられる。

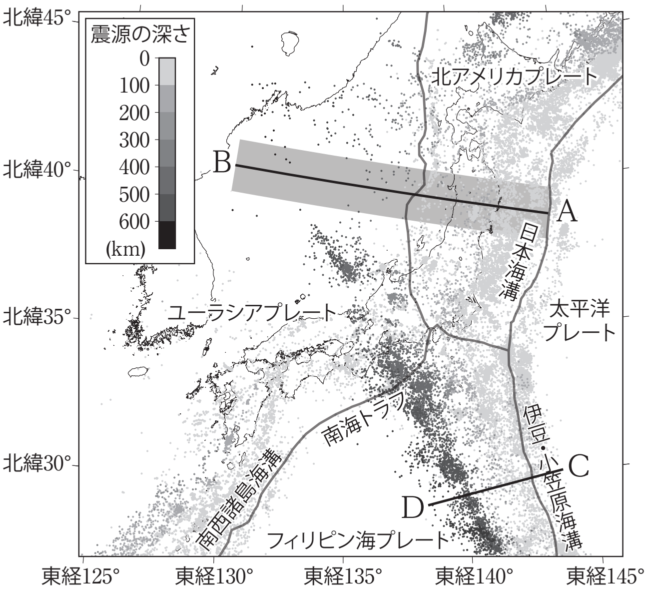
ここがPOINT
「同じ速さの地殻変動が南海地震直前まで続いていた」ということは，「1896～1929 年のグラフを 1946 年までまっすぐ延ばしてよい」ということです！

問題(2)　次の図は，南海地震直前のこの地域の断面を表したものです。(1)の結果をもとに，南海地震によってこの地域の地表はどのように変形したか，次の図の中に模式的に描いてみましょう。ただし，A～C 点の水平方向の移動については考えないものとします。



第 4 講　PART3　確認問題

問 1　図は，日本付近で発生した地震の震源の深さを表したものである。太平洋プレートの沈み込みにより，海溝側からユーラシア大陸に向かって震源が深くなっていくことがわかる。また，陸のプレート内で起こる地震は $_{a}$断層によって発生し，私たちの生活する場所の直下で起こるので，マグニチュードが小さくても被害が大きくなることがある。それ以外にも，$_{b}$プレートの境界では巨大地震が周期的に発生している。



気象庁のデータから作成

(1)　沈み込む海のプレート内で発生する地震は，地表からどのくらいの深さまで発生するか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 70km　　②　約 140km　　③　約 700km　　④　約 1400km

(2)　図中のＡ－Ｂの線とＣ－Ｄの線での断面において，プレートの沈み込みの角度が急になっているのはどちらか。最も適当なものを，次の①･②のうちから一つ選びなさい。

①　Ａ－Ｂ　　②　Ｃ－Ｄ

(3)　下線部ａについて，過去数十万年間にくり返し活動し，今後も活動する可能性が高い断層を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　正断層　　②　逆断層　　③　活断層　　④　トランスフォーム断層

⑷　下線部ｂについて，プレート境界における巨大地震の周期はどれくらいか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　数か月～数年　　②　数十年～数百年

③　数千年～数万年　　④　数十万年～数百万年

PART4 世界の地震

目標　3 つのタイプのプレート境界でどのような地震が起こりやすいかについて説明できる

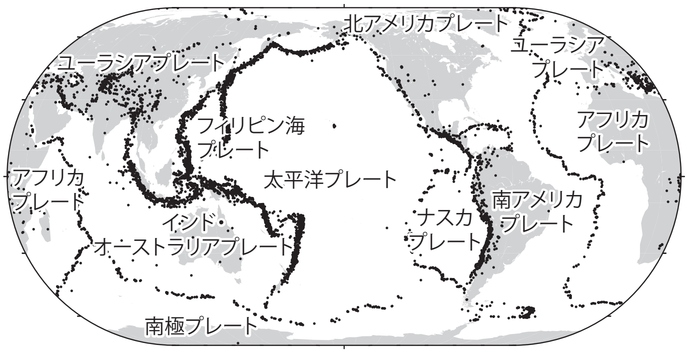
Chapter1　世界の地震

1　世界の地震活動

　プレートの沈み込む境界にあたる日本列島では，プレートの沈み込みにともなってさまざまな地震が発生することを学びました。

→　その他のプレート境界では，どのような地震が発生しているのでしょうか？

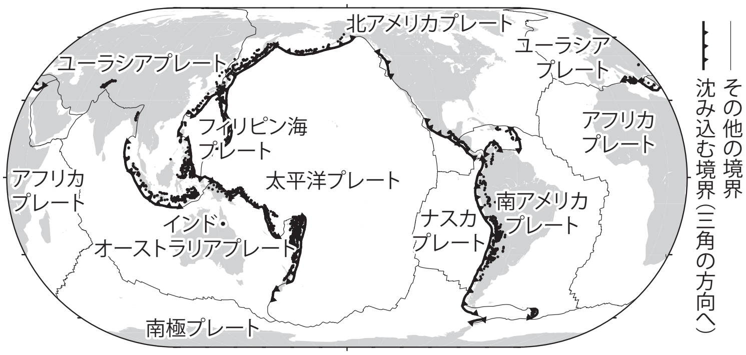
・**震源の浅い〔100km 未満の〕地震とプレート境界**



出典：USGS（アメリカ地質調査所）

→　ほぼすべてのプレート境界で地震が発生している。

・**震源の深い〔100km 以上の〕地震とプレート境界**



出典：USGS（アメリカ地質調査所）

講師からのMessage

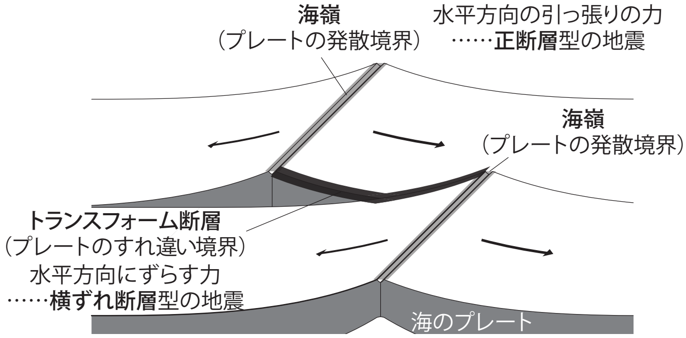
　左の図ではプレート境界を線で示していませんが，プレート境界がわかりますよね。それくらい，プレート境界ではほぼどこでも震源の浅い地震が発生しているということです！

→ プレートの（発散 / 沈み込む）境界で地震が発生している。

・**海嶺付近やトランスフォーム断層の地震**

海嶺とその周辺では海のプレートができたばかりなので，プレートは（厚い / 薄い）。地震はプレートでしか起こらないので，海嶺でみられるのは震源の（浅い / 深い）地震に限られる。

☞ 断層の種類については PART1 で扱いました。忘れてしまった人は見直しておきましょう！



・**海溝付近の地震**

プレートの沈み込む境界では，日本列島と同じように震源の浅い地震に加えて震源の深い地震も発生する。このような境界では基本的に水平方向に（圧縮する / 引っ張る）力が強くはたらいているため，（正断層型 / 逆断層型）の地震が多く発生する。

まとめ

世界の地震の分布は，プレート境界と関係している。
震源の浅い地震はほぼすべてのプレート境界で発生するが，震源の深い地震はプレートの＿＿＿＿＿＿境界に限られる。
プレート境界と地震の種類との関係は，はたらく力によって大まかに決まっている。

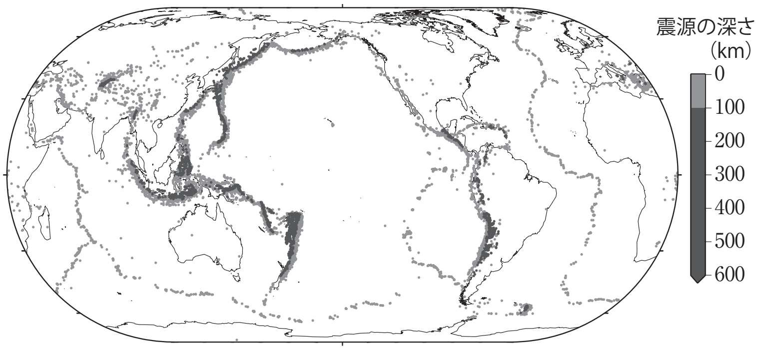
・海嶺付近……水平方向の引っ張りの力による＿＿＿＿＿型の地震
・トランスフォーム断層……水平方向にずらす力による横ずれ断層型の地震
・＿＿＿＿付近……水平方向に圧縮する力による逆断層型の地震

Chapter2　演習問題

□　地震のマグニチュードと震源の分布

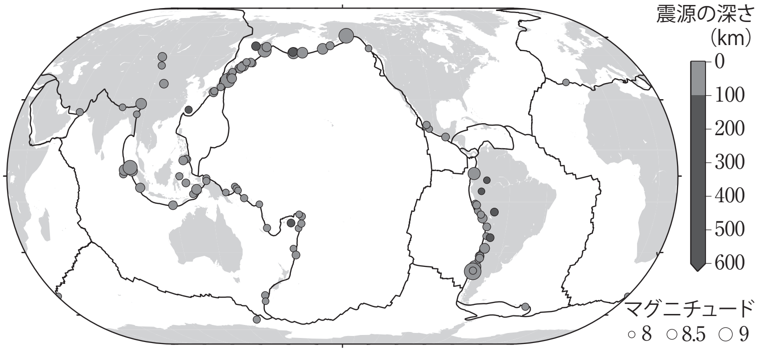
地震の規模を表すためにはマグニチュードが用いられます。ここでは，マグニチュードの大きな地震がどのような場所に分布するのかを見てみましょう。

A. 2020 年に発生した M4 以上の地震の分布



出典：USGS（アメリカ地質調査所）

B. 1905 年～2020 年に発生した M8 以上の地震の分布



出典：USGS（アメリカ地質調査所）

復習

マグニチュード（中学理科）

地震の規模（地震そのものの大きさ）を表す値。「マグニチュード 8」のことを「M8」と表すこともあります。

震度とマグニチュードについては，第 11 講でも扱います！

問題(1)　2つの図を比較することで，マグニチュード8以上の地震が分布する地域とプレート境界との関係について考察することができます。これについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　Bの図でマグニチュード8以上の地震が分布する地域は，Aの図で震源が100kmより（浅い / 深い）地震の分布する地域とほぼ同じだといえる。よって，マグニチュード8以上の地震の多くはプレートの（発散 / 収束 / すれ違い）境界で発生していると考えられる。

問題(2)　Bの図をより細かく見ることで，マグニチュード8以上の地震がどのような場所で多く発生しているのかをさらに詳しく考察することができます。これについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　Bの図からは，マグニチュード8以上の地震の多くは震源が100kmより（浅い / 深い）ことが読み取れる。また，よく見ると震源は地図上のプレート境界と陸地の間に分布しているものが多い。これらのことから，マグニチュード8以上の地震の多くは（プレート境界 / 陸のプレート内 / 海のプレート内）で発生していると考えられる。

ここがPOINT

　前ページに示されているのは地図だけですが，ここでは大まかな断面図を描くと考えやすいですよ！

第 4 講　PART4　確認問題

問 1　地震はプレートの境界付近で発生することが多い。震源の浅い地震は，ほぼすべてのプレート境界で発生している。一方，震源の深い地震は，プレートが（　ア　）境界で発生することが多い。また，プレート境界の種類によって，はたらく力が異なり，発生する地震の種類も異なる。海嶺付近では水平方向に（　イ　）力による（　ウ　）型の地震，トランスフォーム断層では水平方向にずらす力による横ずれ断層型の地震，海溝付近では水平方向に（　エ　）力による（　オ　）型の地震が起こりやすい。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　発散する　　②　すれ違う　　③　沈み込む

(2)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①･②のうちから一つ選びなさい。

①　圧縮する　　②　引っ張る

(3)　空欄ウにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　右横ずれ断層　　②　左横ずれ断層　　③　正断層　　④　逆断層

(4)　空欄エにあてはまる語として最も適当なものを，次の①･②のうちから一つ選びなさい。

①　圧縮する　　②　引っ張る

(5)　空欄オにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　右横ずれ断層　　②　左横ずれ断層　　③　正断層　　④　逆断層

< Note >

第 5 講　堆積岩と変成岩

PART1 堆積岩とその分類

目標　でき方をもとにして堆積岩を 4 種類に分類し，それぞれの例を挙げられる

Chapter1　堆積岩とその分類

1　岩石から堆積物へ　復習

・**流れる水のはたらき（小学理科）**

流れる水には，

・土や岩石を削る（侵食 / 運搬 / 堆積）

・削ったものを運ぶ（侵食 / 運搬 / 堆積）

・運んだものを積もらせる（侵食 / 運搬 / 堆積）

はたらきがある。

2　堆積岩

小学理科・中学理科では，堆積岩として礫(れき)岩，砂岩，泥岩などがあることを学んでいます。一方，第 3 講では，火山の噴火において火山灰などの火山砕屑物が放出されることを学びました。このような火山砕屑物も，地層を形成してやがては岩石になりそうです。

→　堆積岩にはどのようなものがあるのでしょうか？

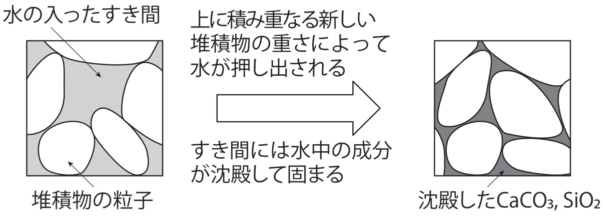
・**堆積岩とは**

堆積物……さまざまな粒子が積もったもの。まだやわらかい。

堆積岩……堆積物が固まったもの。

※続成作用

やわらかい堆積物を固めて堆積岩へと変化させる作用。



講師からのMessage

できたばかりの砂の堆積物は，全体の 50% 以上がすき間ということも珍しくありません。砂岩のすき間の割合は 10 ～20% 程度なので，ずいぶん押し縮められたことになりますね！

・**堆積岩の分類**

堆積岩は，粒子の種類によって大きく分類されている。

	堆積したもの	粒径	岩石名	もとになったもの
砕屑岩	砕屑物	2mm 以上	礫岩	礫
		2mm〜$\frac{1}{16}$mm	砂岩	砂
		$\frac{1}{16}$mm 以下	泥岩	泥
火山砕屑岩	火山砕屑物	（例）	凝灰角礫岩	大小の火山砕屑物
			凝灰岩	火山灰
生物岩	生物の遺がい	（例）	石灰岩	（SiO_2／$CaCO_3$）の殻をもつ生物
			チャート	（SiO_2／$CaCO_3$）の殻をもつ生物
化学岩	水中の成分が沈殿したもの	（例）	岩塩	（SiO_2／$NaCl$／$CaSO_4$／$CaCO_3$）
			石こう	（SiO_2／$NaCl$／$CaSO_4$／$CaCO_3$）

※砕屑物（さいせつ）

岩石が砕かれてできた粒子。粒径により礫・砂・泥に分類される。

※生物岩のもとになる代表的な生物

$CaCO_3$ の殻をもつ生物……フズリナ，貝，サンゴ

SiO_2 の殻をもつ生物……放散虫

まとめ

堆積物が＿＿＿＿作用を受けてかたくなったものを堆積岩という。

堆積岩は，粒子の種類によって大きく分類される。

・砕屑岩……砕屑物が堆積したもの。

粒径が 2mm〜＿＿＿mm のもの：砂岩。

・火山砕屑岩……火山砕屑物が堆積したもの。

粒径が 2mm より小さな粒子からなるもの：

＿＿＿＿＿＿。

・生物岩……生物の遺がいが堆積したもの。

$CaCO_3$ の殻をもつ生物からできる生物岩：

＿＿＿＿＿＿。

SiO_2 の殻をもつ生物からできる生物岩：＿＿＿＿＿＿。

・化学岩……水中の成分が沈殿したもの。

水中の＿＿＿＿が沈殿した化学岩：岩塩。

復習

火山灰（第3講）

2mm より小さな火山砕屑物を火山灰といいます。

フズリナの生息していた時代については，第9講で扱います！

知っておこう

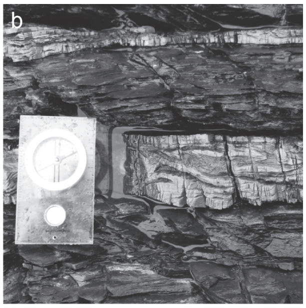
放散虫

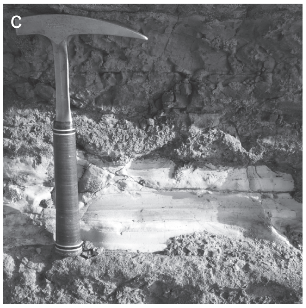
水面近くに浮かぶ動物プランクトンです。海に広く分布しており，放散虫の殻は砕屑物の少ない遠洋域の堆積物のうち大きな割合を占めます。

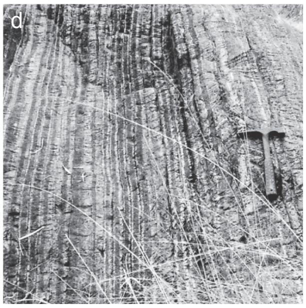
Chapter2　演習問題

□　堆積岩の例

堆積岩のうち，砕屑岩は粒径によって分類されます。ここでは，具体的な岩石を例にして分類の練習をしてみましょう。







問題(1) a の写真の岩石は，何岩に分類されるでしょうか。スケールは，写真の左下に写っているフェンスの支柱を参考にしてください。

問題(2) b の写真の岩石は，何岩に分類されるでしょうか。左に写っている長方形のものの長辺は 10cm で，写真の黒い部分と白っぽい部分はそれぞれ別の種類の砕屑岩です。なお，黒っぽい部分はルーペを用いても粒子を確認するのが難しいですが，白っぽい部分は 1mm よりやや小さい程度の粒子が肉眼で確認できます。

問題(3) c の写真の白い岩石は，火山灰がもとになっていることがわかっています。この白い岩石は何岩に分類されるでしょうか。

問題(4) d の写真の岩石は非常にかたく，放散虫の化石が多く含まれていることがわかっています。この岩石は何岩に分類されるでしょうか。

第 5 講　PART1　確認問題

問 1　地球には，他の惑星と違い，水が液体で存在する。流れる水は，岩石や土を削り，削ったものを運び，堆積させるというはたらきがある。やわらかい堆積物は，上に積もった堆積物の重さで水が押し出されるなどの（　ア　）作用を経て，かたい堆積岩へと変化していく。堆積岩は堆積したものや粒子の種類によって分類される。例えば，砕屑岩は a 含まれる粒子の大きさによって分類される。また，b 生物の遺がいからできた生物岩や，c 水中の成分が沈殿してできた化学岩など，多種多様な岩石が地球には存在している。

(1) 空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　堆積　　②　運搬　　③　侵食　　④　続成

(2) 下線部 a について，礫岩は含まれる粒子の粒径が何 mm 以上のものをいうか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1mm　　②　2mm　　③　3mm　　④　4mm

(3) 下線部 b について，SiO_2 の殻をもつ生物の遺がいからできる堆積岩として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　石灰岩　　②　チャート　　③　岩塩　　④　石こう

(4) 下線部 c について，岩塩は水中の何の成分が沈殿したことにより形成されるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　$MgCl_2$　　②　SiO_2　　③　$CaCO_3$　　④　$NaCl$

< Note >

PART2 堆積構造

目標　級化層理と斜交葉理からわかることについて説明できる

Chapter1　堆積構造

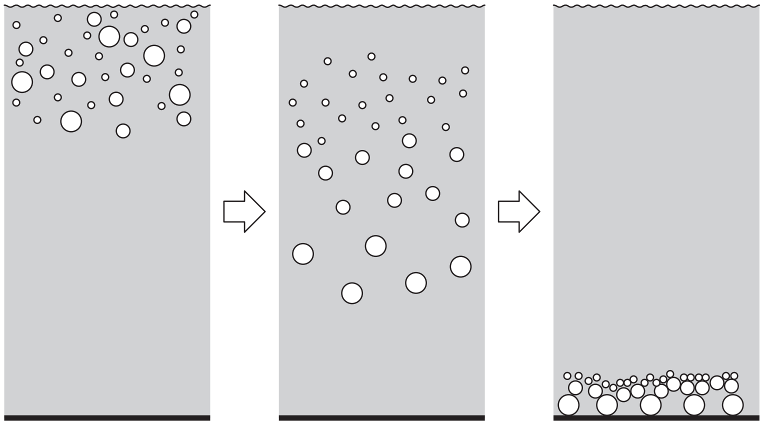
1　堆積構造とそのできかた

堆積物や堆積岩を観察すると，必ずしも 1 つの均質なかたまりになっているわけではありません。

→　堆積岩の内部にはどのような構造がみられるのでしょうか？

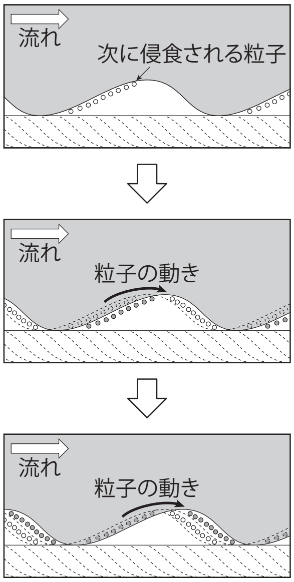
・**級化層理**

同じような物質でできた砕屑物が水の中を沈むとき，粒子の大きなものほど速く沈む。そのため，さまざまな大きさの粒子が水の中に同時に供給されると，（大きな / 小さな）粒子ほど下の方に堆積し，（大きな / 小さな）粒子ほど上の方に堆積する。このような構造を**級化層理**という。



・**斜交葉理〔クロスラミナ〕**

流れのある水中では，いったん堆積した粒子が水底を移動する。このとき，水底に小さな凹凸があると，小さな山の上流側では流れによって（侵食 / 堆積），下流側では（侵食 / 堆積）が起こり，水底と斜交する方向に細かい模様ができることがある。このような構造を**斜交葉理**という。



まとめ

大きな粒子は小さな粒子よりも沈むのが＿＿＿＿ため，さまざまな大きさの粒子が水の中に同時に供給されると，大きな粒子ほど下の方に堆積する。これによってできる構造を＿＿＿＿という。

流れのある水中では，いったん堆積した粒子が水底を移動する。これによってつくられる，粒子が斜めに並んだ構造を＿＿＿＿という。

知っておこう

葉理と層理

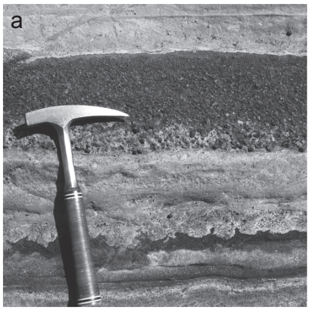
1枚の厚さが1cmより小さい構造を葉理，1cmより大きい構造を層理といいます。

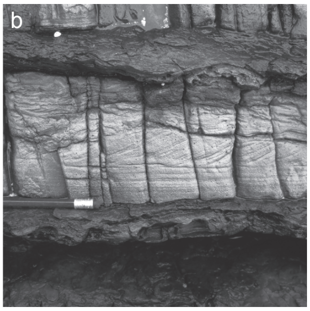
級化層理は粒子の大きさの違いがみられるような大きなスケールなので「層理」，斜交葉理は粒子の移動による細かい模様なので「葉理」なんですね！

Chapter2　演習問題

□　堆積構造からわかること

堆積構造からは，その成り立ちを考えることで地層についての情報を読み取ることができます。実際の地層の例を用いて，少し考えてみましょう。





問題⑴　a の地層は，海岸でほぼ水平な面を撮影したものです。つまり，地層ができたときにどちらが「上」だったのかはわかりません。

⒜　この写真の中の黒い層には，ある堆積構造がみられます。この構造の名前を答えましょう。

⒝　⒜の構造をもとに考えると，a の地層が堆積したとき，「上」〔重力と反対方向〕だったのは，写真の上側でしょうか，それとも下側でしょうか。

問題⑵　b の地層は，黒い部分が泥岩，白い部分が砂岩です。砂岩のうち，図の下の方には左右にのびる平行な模様があり，中央付近にはそれとは斜めの方向の模様があります。平行な模様は泥岩との境界とも平行であり，地層ができたときの水平面を表していると考えられます。

⒜　砂岩の中央付近にみられる堆積構造の名前を答えましょう。

⒝　⒜の構造をもとに考えると，b の地層が堆積したとき，「上」〔重力と反対方向〕だったのは，写真の上側でしょうか，それとも下側でしょうか。

第５講　PART2　確認問題

問１　地層を観察していると，特徴的な堆積構造が見られることがある。同じような物質でできた砕屑物が水の中を沈むとき，(　ア　)。このようにしてできる構造を(　イ　)という。また，水の流れがある場所では，いったん堆積した粒子が水底を移動し，水底に斜交する方向に細かい模様ができることがある。このような構造を(　ウ　)という。これらの堆積構造は，地層の上下判定などに役立っている。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　下の方に大きな粒子が堆積し，上の方に小さな粒子が堆積する
②　上の方に大きな粒子が堆積し，下の方に小さな粒子が堆積する
③　大きな粒子と小さな粒子が交互に堆積する
④　粒子の大きさに関係なく一様に堆積する

(2)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　級化層理　　②　斜交葉理　　③　断層　　④　褶曲(しゅうきょく)

(3)　礫，砂，泥が混じった土砂が水中に沈むとき，下から上にどのような順に粒子が堆積するか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　泥→砂→礫　　②　砂→礫→泥　　③　礫→泥→砂　　④　礫→砂→泥

(4)　空欄ウにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　級化層理　　②　斜交葉理　　③　断層　　④　褶曲

< Note >

PART3 流れの速さと粒子の動き

目標　ユルストロームダイアグラムの読み取り方を理解し，流速の変化と粒子の動きについて説明できる

Chapter1　流れの速さと粒子の動き

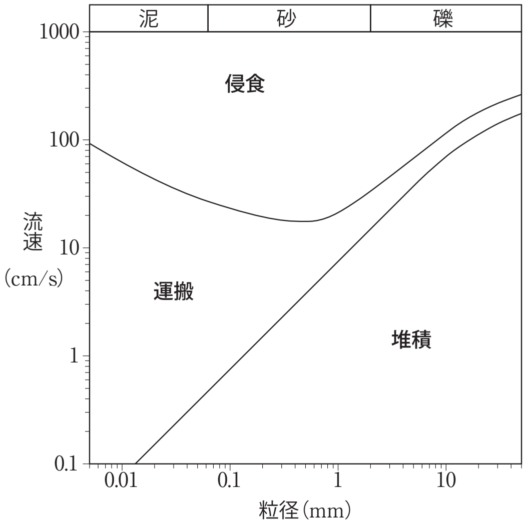
1　流れの速さと粒子の動きとの関係

川の流れが大雨で速くなっているとき，大きな礫が流されているようすがニュース映像などで見られることがあります。

→　流れの速さと粒子の動きには，どのような関係があるのでしょうか？

・ユルストロームダイアグラム

水の中の粒子の動きは，粒子の大きさと流速に左右される。そのようすを横軸に粒径，縦軸に流速をとって示した次のような図をユルストロームダイアグラムという。



講師からのMessage

この図の線の示す数値を覚えている必要はありません（教科書によっても多少異なります）。次のページで図中の線の意味を説明しますので，それをしっかりと理解しておきましょう！

知っておこう

対数目盛

左のグラフは，縦軸や横軸の目盛の間隔が一定ではありません。よく見ると，0.01，0.1，1，10 が等間隔に並んでいます。このような目盛を対数目盛といい，幅広い桁数を扱う地学ではいろいろな場面で使われます。

対数目盛を読み取るときは，0.1 から 1 までが 0.1 刻み，1 から 10 までが 1 刻み，というように，1 目盛の意味が変化していることに注意しましょう。

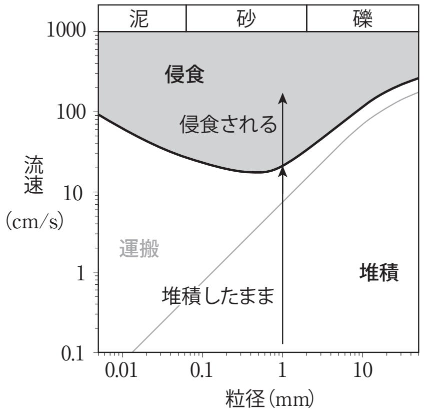
知っておこう

流速の単位

cm/s の s は「秒」(second) を表します。つまり，「毎秒〜cm」ということです。

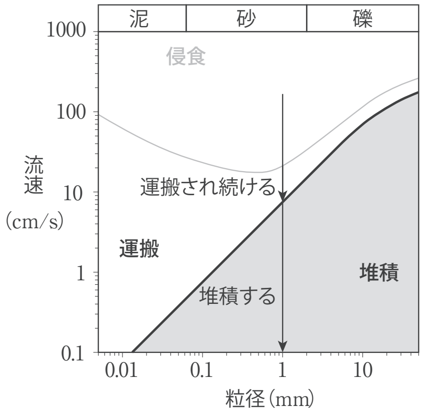
・**流れが速くなっていくとき**

　静かな水底で，ある粒径の粒子が静止しているとする。流速が少しずつ増していくと, ある流速で粒子が運び去られる。これが, ユルストロームダイアグラムの（上側 / 下側）の線である。



・**流れが遅くなっていくとき**

　流速の大きな水の中で，ある粒径の粒子が運搬されているとする。流速が少しずつ小さくなっていくと，ある流速で粒子が堆積する。これが，ユルストロームダイアグラムの（上側 / 下側）の線である。



まとめ

　横軸に＿＿＿＿，縦軸に流速をとり，水中の粒子の動きについて示した図をユルストロームダイアグラムという。

　ユルストロームダイアグラムの上側の線は粒子が水底から運び去られる流速，下側の線は粒子が水中から＿＿＿＿する流速を示す。

講師からのMessage

　この線が最も低い位置にあるのは，砂の領域です。つまり，泥や礫と比べて，砂は流れが比較的遅いうちから動き始めるということですね！

講師からのMessage

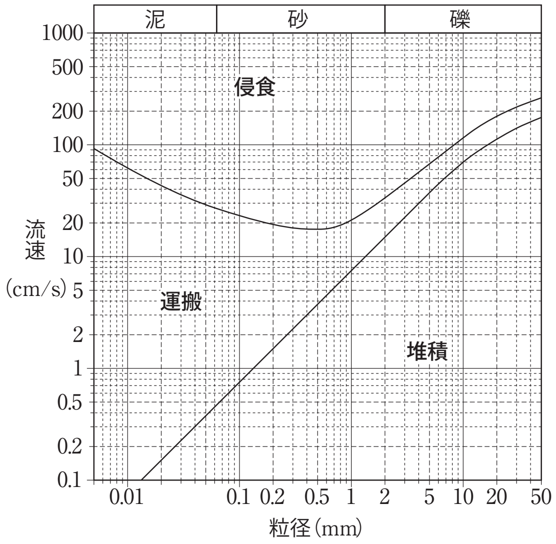
　粒子が動き始める流速と堆積する流速が異なる，というのが重要なポイントです。

　止まっているものを動かすには十分大きな流速が必要で，水中で運ばれているものを沈めるには流速を十分小さくしなければならない，と考えれば，感覚的にもわかりやすいでしょう！

Chapter2　演習問題

□　堆積物の変化から見積もる流速変化

堆積物の動きは本来複雑で，河川の堆積物の粒径がユルストロームダイアグラムの通りに単純に決まるわけではありません。しかし，ユルストロームダイアグラムを用いることで，堆積物の時間変化を流速変化と対応付けて，どのようなことが起こったかを推定してみることは可能です。ここでは，堆積物の動きが次のユルストロームダイアグラムにしたがうと仮定して，次ページの問いの状況について考えてみましょう。



問題(1) 穏やかな晴天の続いたある日, A 川の川原を調べたところ, ほとんどの粒子の粒径は約 0.5～1mm でした。このことについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

粒径 0.5～1mm の粒子が堆積したのは，この場所における A 川の流速が（3～8 / 10～20）cm/s を下回ったときだと考えられる。

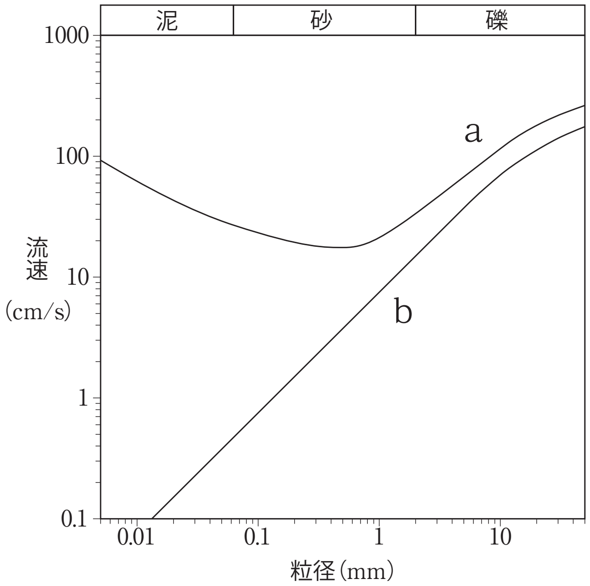
問題(2) (1)の数日後，雨が降って A 川が増水しました。その後，穏やかな晴天が続いて水量が普段通りに戻ってから，A 川の川原を再び調べました。それによると，(1)で調べた川原は侵食を受けて砂が大幅に減少していましたが，新たに堆積したとみられる粒径 30～50mm の礫が多くみられました。このことについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

(1)で調べた川原の砂が大幅に減少していたことから，増水時には流速が（3～8 / 10～20）cm/s を上回ったと推定される。

また，新たに堆積した礫は，他の場所から運搬されて新たに堆積したものである。その礫の粒径をもとにすると，これらの礫が堆積したのは流速が（100～200 / 200～300）cm/s を下回ったときだと考えられる。つまり，増水時に一度は A 川の流速がこの値を上回っていたと推測することができる。

第5講　PART3　確認問題

問1　図は，横軸に粒径を，縦軸に流速をとり，水中の粒子の動きについて示した図で，ユルストロームダイアグラムという。以下の各問いに答えなさい。



(1)　ある粒径の粒子について，図のaの曲線より流速が小さい状態から大きい状態になると，どのような現象が起こるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　止まっていた粒子が動き出す。

②　動いていた粒子が堆積する。

③　動いていた粒子が運搬され続ける。

(2)　ある粒径の粒子について，図のbの曲線より流速が大きい状態から小さい状態になると，どのような現象が起こるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　止まっていた粒子が動き出す。

②　動いていた粒子が堆積する。

③　動いていた粒子が運搬され続ける。

⑶　水の流れがなく堆積したところに水の流れが生じた際に，最初に動く物質として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　礫　　②　砂　　③　泥

⑷　500cm/s の流速から徐々に流速が小さくなっていくとき，最初に沈む物質として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　礫　　②　砂　　③　泥

PART4 流水による地形と堆積物

目標 流れる水のはたらきによってできる地形や堆積物について説明できる

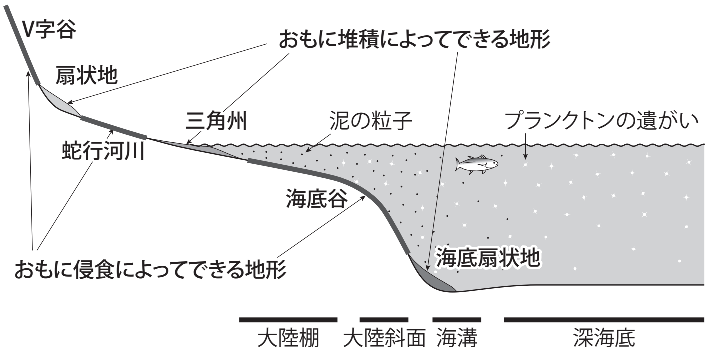
Chapter1　流水による地形と堆積物

1 流れる水のはたらき

PART3 のユルストロームダイアグラムからも読み取れるように，流速によって粒子の侵食されやすさ，堆積しやすさが変化します。

→ 水の流れに沿って，どのような地形や堆積物が形成されるのでしょうか？

・**水の流れと地形や堆積物の模式図**



・**陸上の地形や堆積物**

V字谷（こく）……山地では（下向き ／ 横向き）の侵食作用が大きいためにできた険しい谷。

扇状地……河川が山地から平野部に出て，流速が急に小さくなることで（礫や砂 / 砂や泥）が堆積してできた地形。

蛇行河川…平野部では（下向き ／ 横向き）の侵食作用が大きいために蛇行した河川。

三角州……河口付近では流速が小さくなるため，（礫や砂 ／ 砂や泥）が堆積してできた地形。

・ **海の中の地形**

大陸棚……水深 100m 程度までの，傾斜のゆるやかな海底。

大陸斜面……大陸棚の沖合にあたり，傾斜のやや急な海底。

深海底……大陸斜面が終わり，再び傾斜が緩やかになった部分。陸から遠いため砕屑物はほとんどなく，おもにプランクトンの遺がいが堆積する。

海底谷(こく)……大陸棚から大陸斜面にかけてのびる谷地形。

海底扇状地……海底谷を流れた**乱泥流**が，大陸斜面の下部～深海底に達して堆積することでできた地形。

※**乱泥流**〔混濁流ともいう〕

大陸棚や大陸斜面上部にいったん堆積していたやわらかい堆積物が，地震などをきっかけにして再び流れ下る現象。さまざまな粒径の砕屑物を含み，時速数十～100km 程度の高速となる。

※**タービダイト**

乱泥流によって形成された砂を主体とする堆積物。さまざまな粒径の砕屑物が同時に供給されるため（級化層理 / 斜交葉理），流れの中で堆積することから（級化層理 / 斜交葉理）がみられることがある。

タービダイトが形成される大陸斜面の下部～陸に近い深海底では，普段（礫 / 砂 / 泥）が堆積している。そのため，プレート境界の地震などにより乱泥流が周期的に発生することで，泥岩の中に砂岩が周期的にはさまれた**砂岩泥岩互層**が形成されることがある。

講師からのMessage

乱泥流は，1929 年にカナダで発生した地震の後に多数の海底ケーブルが時間をおいて切断されたことがきっかけとなって発見されました。この乱泥流は，およそ 500km も流れたことがわかっています。

まとめ

粒子の侵食されやすさ，堆積しやすさは流速によって変化する。

流速が急に小さくなる場所では粒子の堆積が起こり，たとえば河川が山地から平野部に出るところでは＿＿＿＿＿＿が形成される。

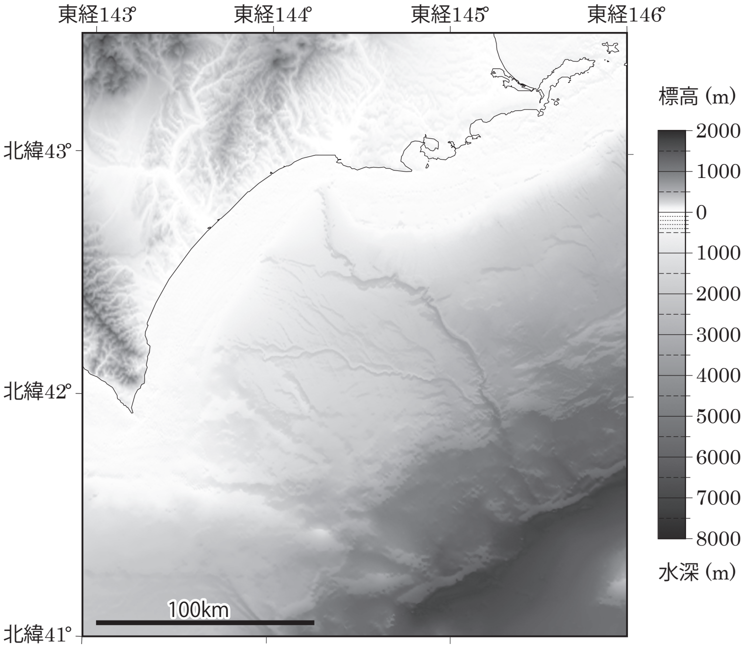
水深が小さく傾斜のゆるやかな海底を＿＿＿＿＿＿という。この部分や大陸斜面上部に堆積していたやわらかい堆積物が，地震などをきっかけにして再び流れ下る現象を＿＿＿＿＿＿という。また，それによってできた砂を主体とする堆積物を＿＿＿＿＿＿という。

陸から遠い深海底には，おもにプランクトンの遺がいが堆積する。

Chapter2　演習問題

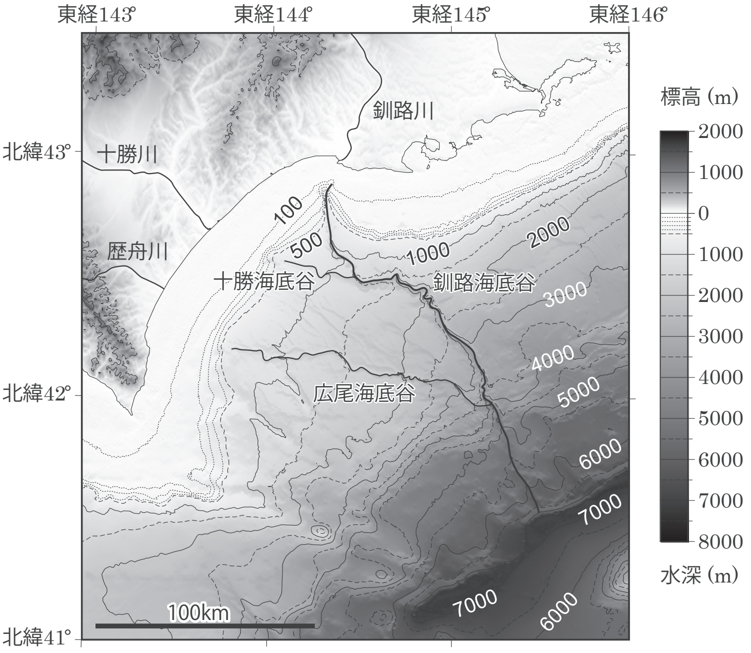
□　海底地形の例

私たちは普段，陸上の地形しか見ることができません。ここでは北海道の太平洋側を例として，ここまでに学んだ知識を確認してみましょう。



出典：USGS，海上保安庁の公開データから作成

問題(1)　上の図の右下〔南東〕には，色の濃く水深の大きな部分が帯状にのびています。この部分は何と呼ばれる地形でしょうか。



出典：USGS，海上保安庁の公開データから作成

問題(2) 上の図は前ページの図と同じ地域のものですが，水深0～500mの等深線が100mごと，その他の等深線や等高線が500mごとに示されています。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

十勝川の河口から十勝海底谷へと向かうとき，海岸から水深100mに達するまでの距離は，水深100mから水深200mに達するまでの距離よりも長い。これは，水深100mから水深200mまでの部分と比べて，海岸から水深100mの部分の海底の傾斜が（ゆるやか / 急）であることを示している。この部分のことを（大陸斜面 / 大陸棚）とよぶ。

釧路海底谷に沿った複数の地点で堆積物を調べたところ，泥の層の間に斜交葉理をもつ砂の層が観察された。これらの層のうち（泥 / 砂）の層は，乱泥流によって運ばれてきた砕屑物の層，すなわちタービダイトだと考えられる。

また，上の図ではわかりにくいが，釧路海底谷が水深7000mに達する辺りには，上流からの砕屑物で（三角州 / 海底扇状地）が形成されていることがわかっている。

ここがPOINT

イメージしにくいと思った人は，100mを100cmに変えて考えてみましょう。

海岸から海に入っていき，足がつかなくなるまでの距離が長いのは，海底の傾斜がどのようなときでしょうか？

第５講　PART4　確認問題

問１　地表に流れる水の作用は，いろいろな地形や堆積物を形成する。山に降った雨や地下水が集まり $_a$<u>川となって山を下り，平地を流れ，</u>$_b$<u>海へ到達する</u>過程で，侵食・運搬・堆積の作用により，様々な影響を地表へ与え，地形を変化させている。この水の流れは，地上だけでなく，$_c$<u>海の中でも様々な地形</u>や特徴的な $_d$<u>堆積物</u>を形成している。

(1)　下線部ａについて，山では下向きの侵食作用が起こり，谷が形成される。この谷を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　Ｕ字谷　　②　Ｖ字谷　　③　海底谷　　④　大陸斜面

(2)　川が山から平地に出たところにできる地形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　三角州　　②　大陸棚　　③　扇状地　　④　大陸斜面

(3)　下線部ｂについて，河口付近にできる地形を形成するおもな粒子として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　礫のみ　　②　礫や砂　　③　砂や泥　　④　放散虫の殻

(4)　下線部ｃについて，海底のうち，海岸付近とくらべて傾斜が急になっている部分を何というか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　大陸斜面　　②　大陸棚　　③　深海底

(5)　下線部ｄについて，タービダイトが形成される原因となっている海水中の流れの名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　土石流　　②　火砕流　　③　乱泥流　　④　海流

< Note >

PART5 変成作用と変成岩

目標 広域変成作用と接触変成作用について，それぞれの岩石の例を挙げて説明できる

Chapter1　変成作用と変成岩

1 変成作用

水（H_2O）は常温・常圧で液体ですが，温度変化により気体や固体に変化します。これは，同じ成分の物質でも，条件によって状態が変化するという例ですね。

また，炭素（C）は常温・常圧で固体であり，鉛筆の芯などに使われています。しかし，鉛筆の芯に使われる黒鉛だけでなく，宝石のダイヤモンドも固体の炭素です。これは，同じ成分の固体でも性質の違うものがある，ということを示しています。

→ 同じ成分の固体なのに性質が違うものがあるのはなぜでしょうか？

・**多形【発展】**

第3講で学んだように，鉱物は，原子やイオンが規則正しく配列している固体である。同じ化学成分の固体でも，温度や圧力の条件によって粒子の安定な配列のしかた〔結晶構造という〕が異なっている。そのため，同じ化学成分でも結晶構造の異なる鉱物が存在する。それらの鉱物の関係を**多形**という。

例）石墨とダイヤモンド

どちらも化学組成はCで同じだが，結晶構造が異なる

☞ 化学基礎で学ぶ「同素体」には多形に含まれるものもあります。同素体は単体のみに用いる用語ですが，多形は化合物にも用いられます。

・**変成作用と変成岩**

形成された環境と異なる温度・圧力の環境に岩石がおかれると，中に含まれていた鉱物が固体の状態のままで元とは異なる結晶構造に変化することがある。このような作用を**変成作用**という。また，変成作用を受けてできた岩石を**変成岩**という。

・**広域変成作用**

海のプレートが海溝から沈み込むと，地表付近で形成された

岩石が地下深くの（高圧 / 低圧）環境にさらされる。また，火山前線の地下の地殻内は，その他の部分と比べて温度が（高く / 低く）なっている。これらのことから，海溝に沿った長さ数百～数千 km にわたる帯状の地域で変成作用が起こり，これを広域変成作用という。広域変成作用を受けてできた岩石は，地下の比較的高い圧力を受けているので，特定の方向性をもっている。

片岩……一定方向の強い力を受けて，比較的小さく板状の鉱物が同じ方向に配列している岩石。板状に割れやすい。

片麻岩…地殻内で高温環境にさらされて，鉱物が比較的大きく成長し, 有色鉱物と無色鉱物が交互の縞状に並んでいる岩石。

・**接触変成作用**

地表付近に高温のマグマが入り込むと，周囲の岩石が強く熱せられる。このとき，入り込んだマグマに接する厚さ数 m～数 km の範囲で変成作用が起こり，これを**接触変成作用**という。

接触変成作用を受けてできた岩石は，地表付近の比較的低い圧力でできたものなので，方向性がないことが多い。かたくて緻密（ちみつ）になっている。

ホルンフェルス…砕屑岩が接触変成作用を受けた岩石。

結晶質石灰岩……石灰岩が接触変成作用を受けた岩石。石灰岩中の（SiO_2 / $CaCO_3$）が大きな方解石の結晶になっている。大理石ともよばれる。

☞ マグマが入り込む現象を貫入といいます。マグマの貫入については，第 9 講で扱います！

知っておこう

方解石

方解石は，$CaCO_3$ の結晶です。石灰岩に含まれる $CaCO_3$ は, 結晶になっていなかったり，結晶が小さかったりすることが多いです。これに熱を加えることで，結晶が大きく成長することができるんですね！

まとめ

岩石が元とは異なる＿＿＿＿や＿＿＿＿の環境におかれることで，含まれていた鉱物が変化する作用を変成作用という。

・広域変成作用……数百～数千 km にわたる帯状の地域。

＿＿＿＿＿：鉱物が小さく，岩石が板状に割れやすい。

＿＿＿＿＿：有色鉱物と無色鉱物が縞状に並ぶ。

・接触変成作用……数 m～数 km 程度の狭い範囲。かたくて緻密。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿：砕屑岩起源。

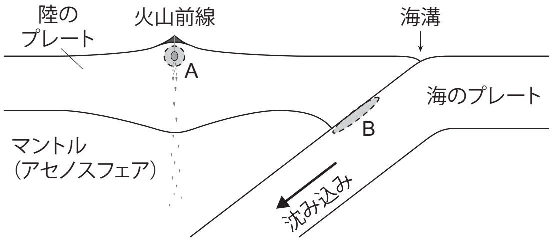
＿＿＿＿＿＿＿＿＿：石灰岩起源。＿＿＿＿の集まり。

Chapter2　演習問題

□　変成作用の起こる場所

変成岩は，広域変成作用と接触変成作用で分類のしかたが異なっています。具体的な状況を整理してみましょう。

問題(1)　次の図は，日本列島のようなプレートの沈み込む境界を模式的に表したものです。この図に関連して広域変成作用について説明した下の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

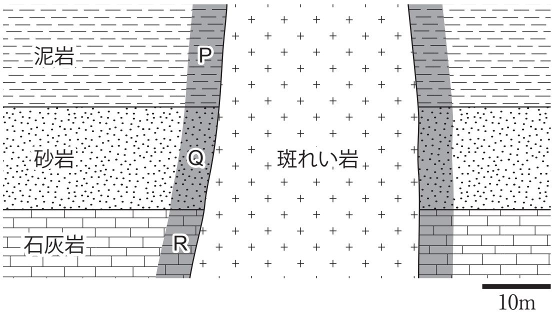


図の A の部分は，地殻の温度が周囲と比べて（高い / 低い）領域である。この領域では，（片麻岩 / 片岩）が形成されやすい。

一方，冷たい海のプレートが深くまで沈み込んでいくため，図のBの部分は周囲と比べて温度が（高い / 低い）領域となっている。この領域では，（片麻岩 / 片岩）が形成されやすい。

A，B は，どちらも海溝に沿って比較的広い範囲に広がっている。いずれも図の横方向に見た幅は数十 km 程度だが，奥行き方向の長さは（数百～数千 km / 数千～数万 km）に及ぶ。

問題(2)　次の図は，石灰岩，砂岩，泥岩からなる地層の中にマグマが入り込み，斑れい岩の岩体ができたようすを示しています。図中の灰色の部分では，マグマの熱によって元々あった堆積岩の組織が変化していることがわかっています。この図に関連して接触変成作用について説明した下の文章中の［　　］について，正しいものをすべて選んでください。また，文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。



図のP，Q，Rの部分は，斑れい岩をつくったマグマによって，堆積岩が接触変成作用を受けた部分だといえる。これらのうち，ホルンフェルスとなっているのは［P / Q / R］であり，結晶質石灰岩となっているのは［P / Q / R］である。ホルンフェルスと結晶質石灰岩は，どちらも（やわらかくて / かたくて）緻密な岩石である。

第 5 講　PART5　確認問題

問 1　岩石が形成時とは異なる圧力や温度の環境下におかれることで，含まれていた鉱物が変化する作用を（　ア　）作用という。この作用には，a 数百～数千 km にわたる帯状の地域で起こる作用と b 数 m ～数 km 程度の狭い範囲で起こる作用がある。

(1)　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　続成　　②　変成　　③　侵食　　④　運搬

(2)　下線部 a でできる岩石のうち，有色鉱物と無色鉱物が交互に縞状に並んでいる岩石の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ホルンフェルス　②　結晶質石灰岩　③　片麻岩　④　片岩

(3)　下線部 b でできる岩石のうち，石灰岩が変化してできる岩石の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ホルンフェルス　②　結晶質石灰岩　③　片麻岩　④　片岩

(4)　(3)の岩石中に見られる鉱物の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　方解石　　②　黒雲母　　③　石英　　④　斜長石

< Note >

PART6 岩石サイクル

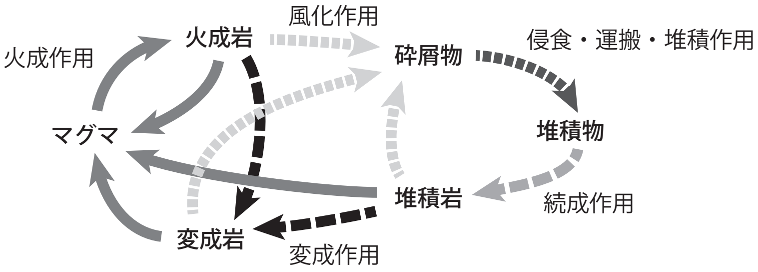
目標 岩石サイクルとは何か，その過程について説明できる

Chapter1　岩石サイクル

1　岩石にまつわるさまざまな作用

第５講のこれまでの PART では，地表や地下における岩石の変化について学びました。第３講では，マントルの岩石がとけてマグマとなり，火成岩ができるまでについて扱いました。さらに，第２講では，プレートの移動に伴って地表の岩石がマントル内にもたらされることについて学んでいます。

→　もしかして，地球の岩石は地表とマントルや地殻との間で行ったり来たりしているのでしょうか？



・**岩石サイクル**

地表に露出した岩石は, 水のはたらきなどによって形を変える。そして, やがて地球内部の圧力や熱のはたらきによって形を変え, 一部はマグマとなって火成岩として再び地表に露出する。このような岩石の循環のことを**岩石サイクル**とよぶ。

・**火成作用**

マグマが関連するさまざまな作用。

マントルのかんらん岩が部分溶融してマグマをつくることのほか，地殻の岩石が熱せられることでマグマとなること，マグマが固結して火成岩となることなどを含む。

講師からのMessage

左の図には，地表からマントルの浅い部分までで循環している部分しか描かれていません。このほかにも，マントルのかんらん岩がマグマになったり，海洋プレートの火成岩や堆積岩がマントルの深部に沈み込んでいったりしていますね！

・**風化作用【発展】**

地表の岩石をその場で変化させる作用。

物理的風化……温度変化などにより岩石をその場で砕く作用。

化学的風化……雨水や地下水が岩石中の鉱物を溶かしたり，他の鉱物に変化させたりする作用。

・**侵食・運搬・堆積作用** 復習 （小学理科）

地表の岩石を運び去って他の場所に積もらせる作用。

侵食作用……土や岩石を削って元の場所から取り除く作用。

運搬作用……砕屑物を運ぶ作用。

堆積作用……砕屑物などを積もらせる作用。

・**続成作用** 復習 （PART1）

堆積物を固めて（変成岩 / 堆積岩）へと変化させる作用。

圧力により堆積物中の水を押し出し，残ったすき間には水中の成分が沈殿する。

・**変成作用** 復習 （PART5）

元々形成された環境と異なる温度・圧力の環境において，固体の状態のままで岩石の組織や鉱物の（化学組成 / 結晶構造）を変化させる作用。広域変成作用と接触変成作用がある。

まとめ

岩石は，さまざまな作用により形を変えながら地表と地球内部との間を行き来している。このような岩石の循環を＿＿＿＿＿＿とよぶ。

・＿＿＿＿作用……マグマに関連するさまざまな作用。

・＿＿＿＿作用……地表の岩石をその場で変化させる作用。

・＿＿＿＿作用……土や岩石を削って元の場所から取り除く作用。

・＿＿＿＿作用……砕屑物を運ぶ作用。

・＿＿＿＿作用……砕屑物などを積もらせる作用。

・＿＿＿＿作用……堆積物を固めて堆積岩へと変化させる作用。

・＿＿＿＿作用……岩石の組織や鉱物の結晶構造を変化させる作用。

Chapter2　演習問題

□　ジルコンと岩石サイクル

12 月の誕生石の 1 つでもあるジルコンという鉱物は，主要な造岩鉱物ではなく，地学基礎では扱われません。しかし，この鉱物は地球科学において非常に重要な鉱物の 1 つです。そのことに関連して述べた次の文章を読み，後の問いに答えましょう。

ジルコンは，化学組成が $ZrSiO_4$ と表されて化学的に安定な鉱物である。マグマが固結するときに結晶となったジルコンが火成岩中に含まれることがあるほか，それが砕屑物となったものが堆積岩中に含まれることもある。ジルコンは，微量に含まれる放射性同位体を用いて結晶となった年代を調べることができるため，岩石や地層の歴史を調べるためにしばしば利用されている。

富山県から岐阜県にかけては，日本列島の中で特に古い岩石が分布する地域の 1 つである。富山県の黒部(くろべ)市に露出する花こう岩 A からは，30 億年前より古い時代にできたジルコンが発見されている。ただし, ジルコンの年代が 30 億年より古いからといって，花こう岩 A が 30 億年以上前にできたとはいえない。花こう岩 A には約 2 億 5 千万年前にできたと考えられるジルコンも含まれており, 花こう岩 A ができたのはこの頃だと考えられている。

岐阜県の七宗(ひちそう)町に露出する礫岩 B に含まれる礫からも，30 億年前より古い時代にできたジルコンが発見されている。ただし，礫岩 B に含まれる他の礫からは約 3 億年前～2 億年前にかけての生物の化石が発見されており，礫岩 B ができたのはそれより後だと考えられている。

これらの例からもわかるように，ジルコンの年代を調べれば岩石の年代がわかる，というほど物事は単純でない。しかし，他の観察事実と組み合わせることで，岩石や地層の複雑な歴史を明らかにしていくことができるのである。

問題(1)　花こう岩Ａに含まれるジルコンに30億年より古いものが存在する理由について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地下深くでできたマグマが上昇するとき，周囲の岩石を取り込んでとかし込むことがある。花こう岩をつくるマグマは温度が比較的（高い ／ 低い）ため，とかし込んだ岩石に含まれるジルコンがとけ残り，そのまま花こう岩Ａの中に含まれるようになったと考えられる。つまり，30億年以上前のジルコンは，花こう岩Ａができたときの周囲の岩石に含まれていたものである。

ここがPOINT

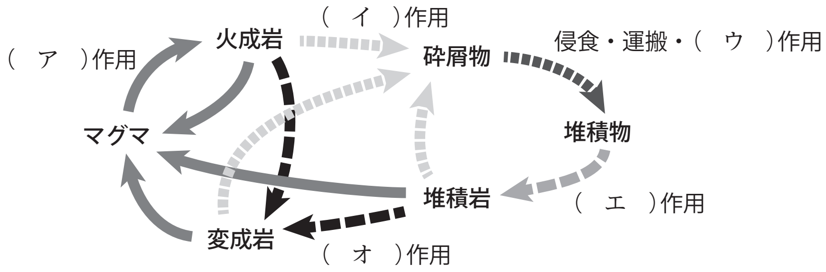
第３講 PART3 では，火山の形とマグマの特徴について学びました。花こう岩は深成岩ですが，マグマの特徴は火山岩の場合と同じように考えてかまいません！

問題(2)　礫岩Ｂに含まれるジルコンに30億年より古いものが存在する理由について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

礫は，一度地表に露出した岩石が（侵食作用 ／ 続成作用）を受けて砕屑物となったものである。よって，30億年以上前のジルコンは，礫岩Ｂができたとき，その場所から見て河川や海底谷の（上流 ／ 下流）側に分布していた岩石に含まれていたものである。

第5講 PART6 確認問題

問1 地表に露出した岩石は，水のはたらきや，地球内部の圧力や熱のはたらきによって形を変え，一部がマグマとなって，火成岩として再び地表に露出する。このように，岩石はさまざまな作用により形を変えながら地表と地球内部とを行き来し，変化している。このような岩石の循環を岩石サイクルとよんでいる。



(1) 図の（ ア ）作用は，マグマに関連する様々な作用である。（ ア ）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

① 火成　② 風化　③ 続成　④ 堆積　⑤ 変成

(2) 図の（ イ ）作用は，地表の岩石をその場で変化させる作用である。（ イ ）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

① 火成　② 風化　③ 続成　④ 堆積　⑤ 変成

(3) 図の（ ウ ）作用は，砕屑物などを積もらせる作用である。（ ウ ）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

① 火成　② 風化　③ 続成　④ 堆積　⑤ 変成

(4) 図の（ エ ）作用は，堆積物を固めて堆積岩へ変化させる作用である。（ エ ）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

① 火成　② 風化　③ 続成　④ 堆積　⑤ 変成

⑸　図の（　オ　）作用は，岩石中の鉱物の化学組成や結晶構造を変化させる作用である。（　オ　）にあてはまる語として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

①　火成　　②　風化　　③　続成　　④　堆積　　⑤　変成

第6講　地球の熱収支

PART1 大気の成分と気圧

目標　乾燥大気の主要な成分を多い順に4つ挙げるとともに，気圧と高度との関係について説明できる

Chapter1　大気の成分と気圧

1　地球の大気の組成

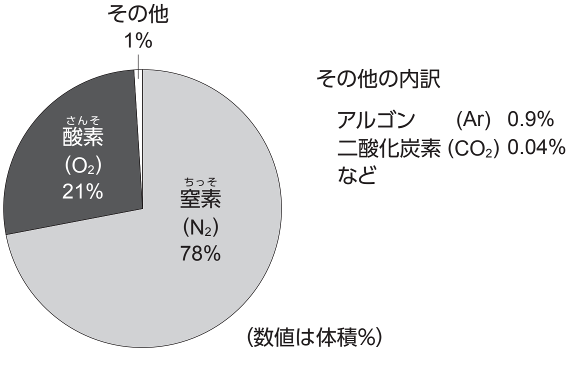
小学校では，地球の大気に窒素，酸素，二酸化炭素などの気体が含まれていることを学びました。

→　これらの成分は，それぞれどれくらい含まれているのでしょうか？

・**乾燥大気の主成分**

乾燥大気〔水蒸気を除く大気〕の主成分とその割合は，地表から高度約80kmまでは，場所によらずほぼ一定である。

→　地表から高度約80kmまでの大気は，よく（分離 / 混合）されている。



※水蒸気（H_2O）

地表付近の大気中には，最大で4%程度の水蒸気が含まれる。この値は時刻や場所によって大きく変化するので，大気の成分を考えるときにはふつう水蒸気以外について考える。

知っておこう

体積％

大気の成分を考えるときは，ふつう体積％を用います。

体積％は各成分を分離したときの体積の割合ですが，これは大気中の分子や原子の数の比（化学基礎で学ぶ「物質量」の比）でもあります。そのため，成分の比率を体積％で表しておくと，化学反応などを考えるときに便利なのです。

2 気圧

飛行機や高層ビルのエレベーターに乗ったり，電車や車で標高の大きく異なる地域に行ったりすると，耳がつんとすることがありますね。これは，耳の鼓膜の内側と外側で圧力が異なった状態になるからです。

→ 気圧は高度とともにどのように変化するのでしょうか？

・**気圧**

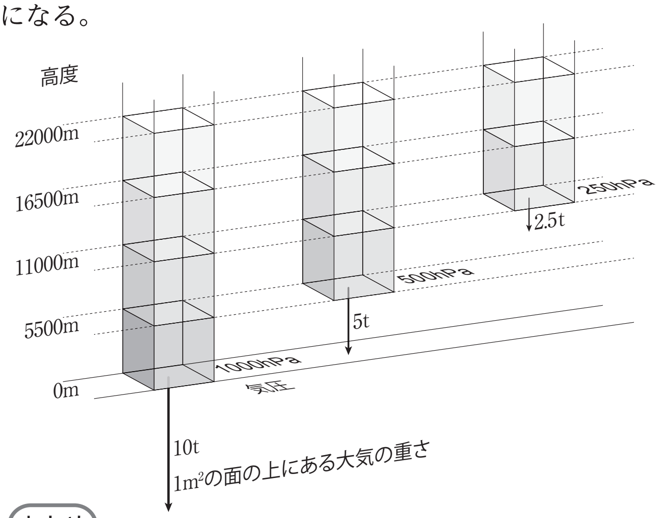
自分より（上 / 下）にある大気の重さによる圧力を気圧という。

・**標高と気圧**

標高 0m の平均的な気圧

＝1 気圧＝約（1013hPa / 1013Pa）。

高度が（550m / 5500m）高くなるごとに，気圧はおよそ半分になる。



まとめ

大気中の成分とその化学式を，含まれる量の多い順に挙げると，

＿＿＿＿（＿＿＿＿），＿＿＿＿（＿＿＿＿），

アルゴン（Ar），＿＿＿＿（＿＿＿＿）である。

乾燥大気の主成分とその割合は，地表から高度約 80km まではほぼ一定である。

自分よりも上にある大気の重さによる圧力を気圧という。

標高0mの平均的な気圧を＿＿＿＿といい，約1013hPaである。

高度が 5500m 高くなるごとに，気圧はおよそ＿＿＿＿になる。

復習

圧力（中学理科）

単位面積あたりにはたらく力を圧力といいます。

知っておこう

接頭辞「ヘクト」

1km が 1000m，1kg が 1000g であるように，k（キロ）という文字は「1000 倍」を表しています。このような，単位の手前につけて「何倍」を表す文字を接頭辞といいます。

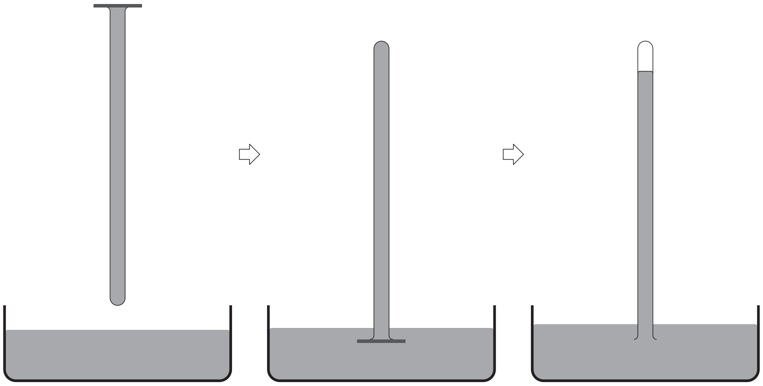
気圧の単位の hPa にある h（ヘクト）は「100 倍」を表します。つまり，1013hPa は 101300Pa です。

そういえば，小学校の算数で学んだ面積の単位 1ha（1 ヘクタール）は 100a（100 アール）でしたね！

Chapter2　演習問題

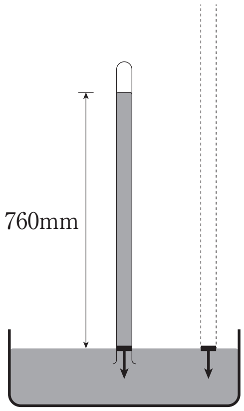
□　トリチェリの実験と気圧

17 世紀のトリチェリは，水銀柱を用いて 1 気圧の大きさを調べることに成功しました。この実験について, 少し考えてみましょう。



問題(1)　上の図は，トリチェリの実験のようすを示したものです。この実験について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

水銀を満たした長いガラス管にふたをして，水銀を満たした別の容器に上下をひっくり返した状態で立てた。ここでふたを外すと，ガラス管の先には空洞ができたが，ある一定の高さで液面が止まった。この実験ではガラス管の中を気泡が上らないことから，ガラス管の先にできた空洞は（真空 ／ 空気）となっていると考えられる。



問題⑵　トリチェリはくり返し実験を行うことで，容器の液面からガラス管の液面までの高さは日々変化し，その平均がおよそ760mm であることを発見しました。上の図のようにガラス管の液面が容器の液面から 760mm の高さで止まるのは，容器の液面の高さでみたときに，ガラス管の中の水銀の重さによる圧力と，容器の液面の上の大気の重さによる圧力が等しいからだと考えられます。この発見から考えられることについて説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

トリチェリの実験と同じ実験を水銀の代わりに水を用いて行うことを考えよう。水銀の密度は 13.5g/cm^3 であり，水の密度 1.0g/cm^3 の 13.5 倍である。よって，水を用いて実験を行ったとき，液面の高さはトリチェリの実験の約（13.5 分の 1 / 13.5 倍），すなわち約（6cm / 60cm / 10m / 100m）になると考えられる。

講師からのMessage

大気の圧力（大気の重さによる圧力）が水銀の柱 760mm の重さによる圧力と等しいことから，1 気圧を 760mmHg（「760 水銀柱ミリメートル」）と表すことがあります。

mmHg というのは通常用いられない単位ですが，血圧や眼圧など，医療関係で圧力を扱うときには今でも使われている単位なんですよ！

☞ 密度については，第 12 講の「地学基礎のための物理」もチェック！

ここがPOINT

長さを表す単位に気をつけましょう！

第6講　PART1　確認問題

問1　地球の乾燥大気の主成分とその割合は地表から高度（　ア　）km までほぼ一定である。地表の物体には，それより上にある大気の重さによる圧力である気圧が常にかかっている。高度が高くなるほど気圧は小さくなり，およそ（　イ　）m 上がるごとに，気圧は半分になる。

(1) 地球の乾燥大気の成分のうち，体積で約 78% を占めている気体として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　二酸化炭素　　②　酸素　　③　アルゴン　　④　窒素

(2) 空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　10　　②　50　　③　80　　④　500

(3) 1 気圧は約何 hPa か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1.013　　②　10.13　　③　101.3　　④　1013

(4) 空欄イにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　55　　②　550　　③　5500　　④　55000

< Note >

PART2 大気の構造

目標　温度変化により大気を4つの層に分け，それぞれの層の特徴を説明できる

Chapter1　大気の構造

1　地球の大気の構造

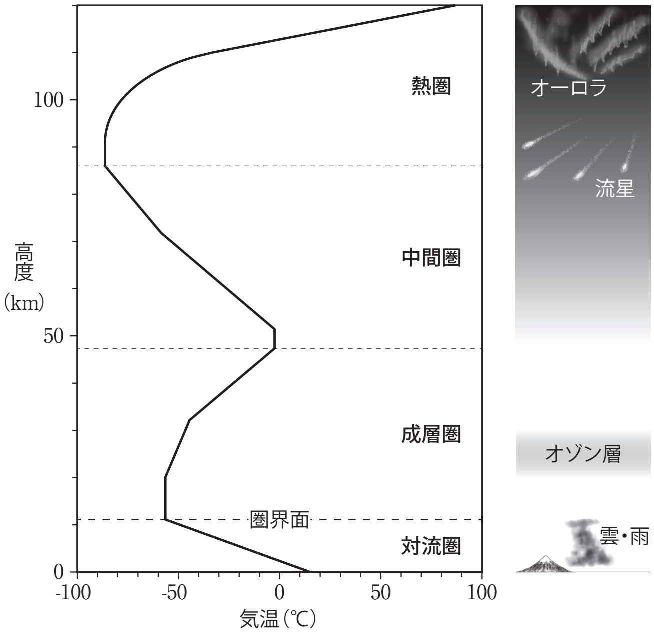
PART1では，地球の大気の成分は高度約80kmまでほぼ一定であることや，気圧が高度とともに小さくなっていくことを学びました。

→　気温は高度とともにどのように変化しているのでしょうか？

・**地球の大気の温度構造**

地表から見て，気温が上空ほど低くなる部分と高くなる部分がある。

→　気温の変化の傾向をもとに，地球の大気は4つの層に分けられる。



出典：NOAA（アメリカ海洋大気庁）

・**対流圏〔地表～高度約10km〕**

　上空ほど気温が低い層。上端を**圏界面**という。

　平均的には，気温は 100m ごとに約（0.65℃ / 6.5℃）低くなる。

　大気が地表から温められて，活発に対流が起こる。

　上空で冷やされた水蒸気は水や氷となって降水になるので，地球の大気に含まれる水蒸気のほとんどは対流圏に存在する。

・**成層圏〔高度約10～50km〕**

　上空ほど気温が高い層。

　オゾンが比較的多く，特に高度（20～30km / 40～50km）はオゾン濃度が最も高いため**オゾン層**とよばれる。

　オゾンは太陽からの（紫外線 / 赤外線）を吸収し，発熱している。

・**中間圏〔高度約50～85km〕**

　上空ほど気温が低い層。

　中間圏の上端は，地球の大気で最も温度の低い場所。

・**熱圏〔高度約85～600km〕**

　上空ほど気温が高い層。

　酸素や窒素が太陽からのX線や紫外線を吸収し，発熱している。

　オーロラ……太陽からの荷電粒子が大気中の酸素や窒素と衝突して発光する現象。高緯度の熱圏で起こりやすい。

　流星…………宇宙空間からの塵（ちり）が大気中の分子と衝突して発光する現象。熱圏下部から中間圏上部で起こりやすい。

まとめ

地球の大気は，＿＿＿＿の変化の傾向をもとに4つに分けられる。

・対流圏……大気中の水蒸気のほとんどが存在し，活発な対流が起こる。気温は高度100mあたり約0.65℃下がる。対流圏の上端を＿＿＿＿＿＿とよぶ。

・成層圏……高度20～30kmではオゾンが多く，＿＿＿＿＿＿とよばれる。ここではオゾンが太陽からの＿＿＿＿＿＿を吸収して発熱する。上空ほど気温が高い。

・中間圏……上空ほど気温が低い。

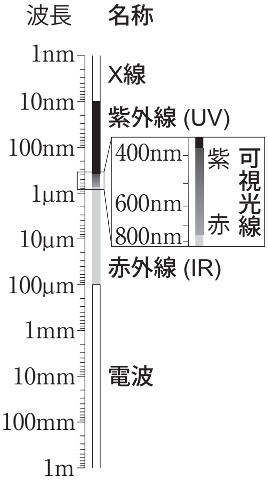
・熱圏………オーロラや流星が発生する。上空ほど気温が高い。

知っておこう

電磁波の分類

　目に見える「光」は可視光線と呼ばれ，ある範囲の波長をもった波であることが知られています。

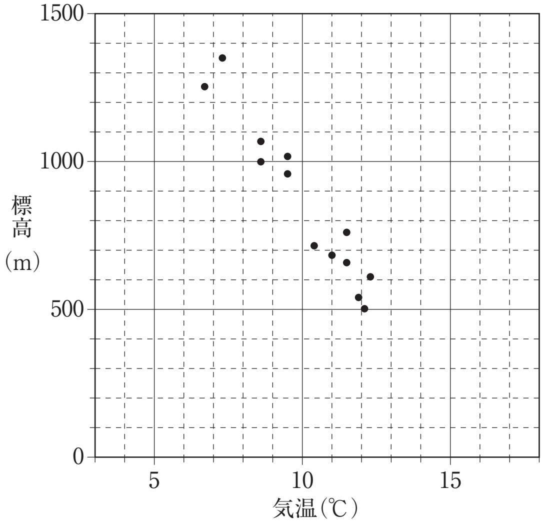
　可視光線と同じような波をまとめて電磁波といい，波長によって分類されています。



Chapter2　演習問題

□　対流圏の温度構造

対流圏では，上空ほど気温が低いということを学びました。確かに，山に登ると涼しくなるような気がしますが，もしかすると風が強かったり，木陰が多かったりするから涼しく感じているだけかもしれませんね。ここでは，具体的な観測結果を用いて，気温と標高との関係について考えてみましょう。



問題(1)　上の図は，長野県中部〔中信地域〕の 13 地点について，標高と年平均気温との関係を示したものです。これらの点はややばらついていますが，右下がりの直線を描くように分布しています。これらの点の全体の傾向をできるだけよく表すように，1 本の直線を描いてみましょう。

講師からのMessage

ここでは長野県全体のデータを用いませんでした。北部（北信）や南部（南信）を含めた長野県全体のデータでも似たような結果は得られるのですが，標高以外の理由で年平均気温が異なる，ということの影響が出てしまうのです。どんな理由か，長野県の形をもとに考えてみてください！

問題⑵ ⑴の直線は，標高 700m から 1300m までの間に気温が何℃低くなることを表しているでしょうか。最も近い整数値で答えましょう。

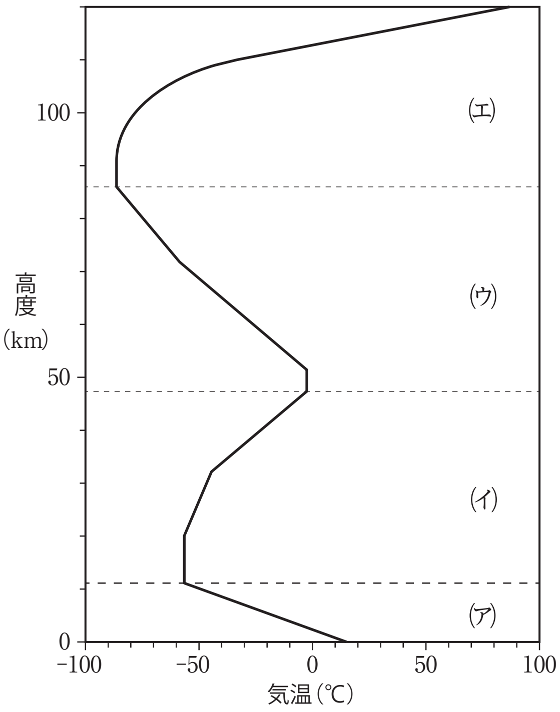
問題⑶ ⑵の結果によると，⑴の直線は，標高 100m あたり気温が何℃低くなることを表しているでしょうか。結果は小数第 2 位を四捨五入して答えましょう。

講師からのMessage

⑶の計算を行うために，今回の問題の⑵では標高 700m から 1300m までの範囲に着目しました。もちろん，本来はほかの範囲に着目しても構いません。ここでは，計算や答え合わせをしやすいように，問題で範囲を指定しています。
ただし，最初から標高差 100m の 2 点を考えるのはおすすめしません。標高差が小さいと，気温の読み取りの誤差の影響が大きくなってしまうからです。標高差を大きくとっておけば，気温の値を少しくらいずらして読んでしまっても，⑶の計算をしたときにずれが圧縮されるのです！

第６講　PART2　確認問題

問１　地球の大気の気温は高度とともに，図のように変化している。(ア)～(エ)は，地球の大気を気温の変化の傾向をもとに４つの層に分けたものである。



NOAA（アメリカ海洋大気庁）のデータから作成

(1)　図の(ア)について，この層の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　対流圏　　②　成層圏　　③　中間圏　　④　熱圏

(2)　図の(イ)について，この層の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　対流圏　　②　成層圏　　③　中間圏　　④　熱圏

⑶　図の(イ)の層に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　上空ほど気温が低くなる。

②　オゾン層が含まれる。

③　上端を圏界面という。

④　流星が発生する。

⑷　オーロラが発生し，酸素や窒素が太陽からのX線や紫外線を吸収して発熱しているのは，図の(ア)～(エ)のうちどの層か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　(ア)　　②　(イ)　　③　(ウ)　　④　(エ)

PART3 放射のつり合い

目標　地球全体でみた放射のつり合いについて説明できる

Chapter1　放射のつり合い

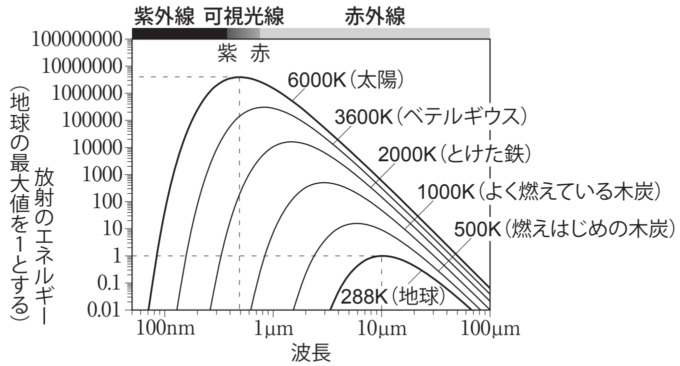
1　地球の熱収支

　地球には，太陽からの熱エネルギーが放射により伝わってきています。確かに，ひなたの地面を触ると温かく感じます。しかし，太陽の光を浴びて温まり続けるとすると，地球の温度はどんどん上がっていくような気もします。

→　地球全体の平均気温がほぼ一定に保たれているのはなぜでしょうか？

・**放射の性質【発展】**

すべての物体は，その温度に応じた電磁波を放射している。



　放射のエネルギー……温度が高いほど多い。

　放射の最も強い波長……温度が高いほど短い。

・**太陽放射と太陽定数**

　表面温度が約 6000K の太陽は，（可視光線 ／ 赤外線）を中心とする電磁波を放射している。この放射を**太陽放射**という。

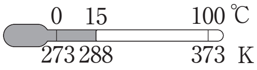
　地球の大気上端，つまり大気の影響を受けない場所において，太陽放射に垂直な 1 m^2 の面が 1 秒間に受ける太陽放射のエネ

知っておこう

絶対温度

　気体の分子の運動は，温度が低くなるにつれて穏やかになっていきます。理論上その運動が完全に停止すると考えられる温度を絶対零度とよびます。

　絶対温度（K（ケルビン））は，目盛の幅を摂氏温度（℃）と同じにしたままで，絶対零度を 0K とした温度の表し方です。0℃が約 273K であることは覚えておきましょう。



ルギーを**太陽定数**という。太陽定数は，約（1.37 / 1370）W/m^2，言い換えると約（1.37 / 1370）kW/m^2 である。

・**アルベド**

地球に入射した太陽放射は，そのうち一部が反射されて，残った部分が地球に吸収されている。太陽放射のうち（反射 / 吸収）される量の占める割合を**アルベド**という。地球のアルベドは約 0.3 である。

ここがPOINT

0.3 という割合は，全体を 1 としたものです。百分率では 30%，歩合では 3 割ということですね！

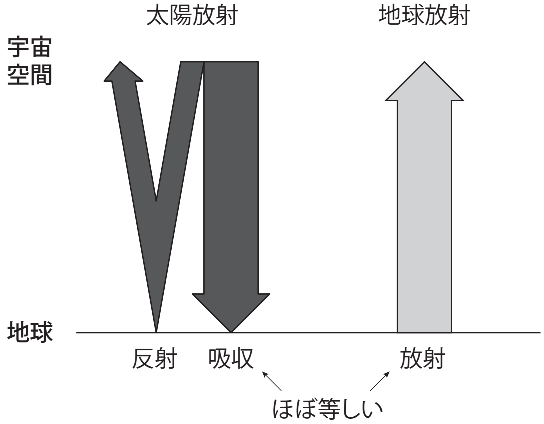
（苦手な人は第 12 講の「地学基礎のための数学」もチェック！）

・**地球放射**

表面温度が平均約 288K の地球は，（可視光線 / 赤外線）を中心とする電磁波を放射している。この放射を**地球放射**という。

・**地球の放射のつり合い**

地球の吸収する太陽放射の総量と地球が放射する地球放射の総量は，ほぼ等しくなっている。そのため，地球全体の平均気温はほぼ一定に保たれている。



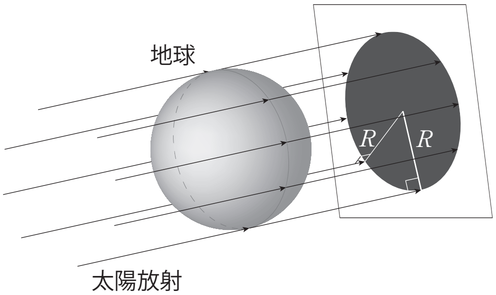
まとめ

地球の大気上端において，太陽放射に垂直な 1m^2 の面が 1 秒間に受ける太陽放射のエネルギーを＿＿＿＿という。地球に入射する太陽放射のうち，約＿＿割は反射され，残りが吸収される。反射される割合のことを＿＿＿＿という。地球はおもに可視光線からなる太陽放射を吸収し，おもに＿＿＿＿からなる地球放射を放射している。これらの量はほぼ等しいため，地球全体の平均気温はほぼ一定に保たれている。

Chapter2　演習問題

□　地球放射の見積もり

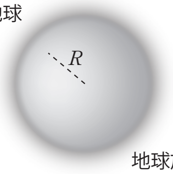
地球は太陽からの放射を受け取っているだけではなく，自分自身からも赤外線を放射しているということを学びました。ここでは，地球放射がどの程度の量なのか，放射のつり合いをもとに考えてみましょう。なお，ここでは地球を完全な球とみなしてよいものとします。



問題(1)　上の図は，太陽放射に垂直な面の上に太陽放射がつくる地球の影を示したものです。地球に入射する太陽放射の総量について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地球の半径を R とおくと，地球の影は半径 R の円となる。よって，その面積は（ $2\pi R$ / πR^2 / $4\pi R^2$ ）と表せる。地球に入射する太陽放射の総量は，太陽定数とこの面積との積である。

☞　円の面積については，第 12 講の「地学基礎のための数学」もチェック！



問題(2)　上の図は，地球放射が地球の表面全体から放射されているようすを示したものです。地球放射の総量について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地球の半径を R とおくと，その表面積は（ $\pi R^2 / 4\pi R^2 / \frac{4}{3}\pi R^3$ ）と表せる。地球が放射する地球放射の総量は，地球表面の $1\mathrm{m}^2$ の面が放射する平均的な地球放射の量とこの面積との積である。

☞ 球の表面積については，第 12 講の「地学基礎のための数学」もチェック！

問題(3)　地球の放射のつり合いが成り立っているとき，(1)で考えた太陽放射の総量のうち地球に吸収されるものと，(2)で考えた地球放射の総量は等しいはずです。地球の半径を R，太陽定数を $1400\mathrm{W/m^2}$，地球のアルベドを 0.31，地球表面の $1\mathrm{m}^2$ の面が放射する平均的な地球放射の量を $x\ \mathrm{W/m^2}$ として，

（地球に吸収される太陽放射）＝（地球放射の総量）

を表す等式を立てましょう。

ここがPOINT

アルベドは反射される割合で，ここでは吸収されるものを求めたいということに 注意しましょう。

全体を 1 としているので，1 から反射される割合を引くことで，吸収される割合を求めることができますね！

問題(4)　(3)の等式をもとに，x を求めましょう。これが，地球全体でみたときに $1\mathrm{m}^2$ の面が放射する平均的な地球放射の量です。結果は一の位を四捨五入して答えましょう。

第6講 PART3 確認問題

問1　地球は，太陽からのエネルギーを受け取ることで，液体の水が存在し，かつ，さまざまな気象現象が発生している。大気の影響を受けない場所において，太陽放射に垂直な$1m^2$の面が受ける太陽放射エネルギーを太陽定数といい，その値は約（　ア　）W/m^2である。地球に入射した太陽放射は，一部が反射されて，残りが地球に吸収されている。地球自身は受け取った太陽放射エネルギーを地球放射として放出している。地球が吸収する太陽放射と，地球が放射する地球放射の総量は，ほぼ等しくなっているので，地球の平均気温はほぼ一定に保たれている。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1.37　②　13.7　③　137　④　1370

(2)　太陽放射はどの波長の電磁波を最も多く放出しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　紫外線　②　可視光線　③　赤外線　④　電波

(3)　下線部について，反射される量の占める割合はおよそどれくらいか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.03　②　0.07　③　0.3　④　0.7

(4)　地球放射はどの波長の電磁波を最も多く放出しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　紫外線　②　可視光線　③　赤外線　④　電波

＜ Note ＞

PART4 温室効果

目標　大気中の主要な温室効果ガスを 3 つ挙げ，放射エネルギーに着目して温室効果について説明できる

Chapter1　温室効果

1　大気の存在と地球の熱収支

PART3 では地球全体の放射のつり合いについて学びましたが，そこでは地球を 1 つのかたまりとみなしていました。

→　地球の表層を大気と地表に分けると，放射のつり合いはどのように考えられるでしょうか？

・**温室効果ガス**

可視光線をよく通すが，赤外線を吸収する性質のある気体を**温室効果ガス**とよぶ。温室効果ガスは，吸収した赤外線のエネルギーを赤外線として放射する。

地球の大気中の温室効果ガスとしては，多く含まれる順に水蒸気，二酸化炭素，（アルゴン / メタン）が挙げられる。

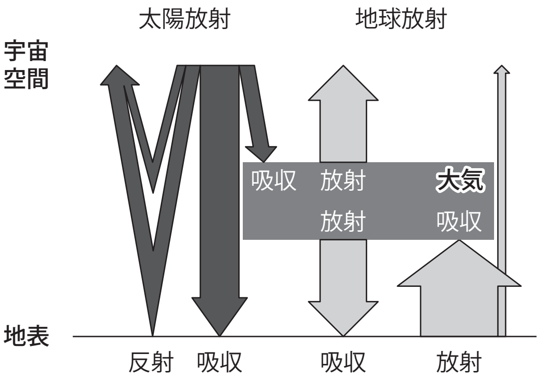
	窒素・酸素 〔温室効果ガスでない気体〕	水蒸気・二酸化炭素 〔温室効果ガス〕
可視光線	通す	通す
赤外線	通す / 吸収する	通す / 吸収する

これらの温室効果ガスは自然の状態でも大気中に含まれているが，人間活動の影響で近年増加している。

☞　温室効果ガスと地球温暖化については，第 10 講で詳しく扱います！

・**大気と地表を分けたときの放射のつり合い**

宇宙空間，大気，地表のそれぞれについて，受け取るエネルギーと放射するエネルギーが等しいと仮定する。このとき，それぞれの温度は一定に保たれる。



・**温室効果**

大気中の温室効果ガスは地表からの（可視光線 / 赤外線）を吸収し，さまざまな方向に（反射 / 放射）する。その赤外線は地表によって吸収され，地表の温度を上昇させる。温室効果ガスのもつこのようなはたらきを**温室効果**という。

太陽定数やアルベドが現在と同じままで，大気の温室効果がないと仮定すると，地球の表面温度は現在の平均気温である約15℃より低く，約（−18℃ /12 ℃）になると計算されている。

まとめ

＿＿＿＿＿をよく通すが，＿＿＿＿＿を吸収する性質のある気体を温室効果ガスという。
地球の大気に含まれる温室効果ガスの名前を多い順に3つ挙げると，＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿である。
大気中の温室効果ガスは，地表から放射された赤外線の一部を吸収し，そのエネルギーを赤外線として放射して地表を温める。このようなはたらきを＿＿＿＿＿という。
温室効果がないと仮定すると，地球の表面温度は現在より約＿＿＿℃低くなると計算されている。

講師からのMessage

左の図において，地表からの放射は，地表が吸収する太陽放射と大気から地表への放射の和になっています。

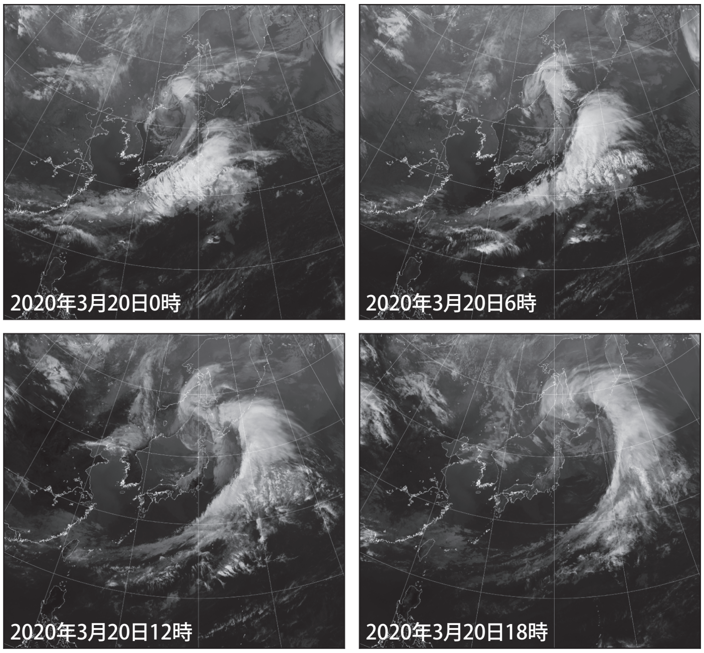
地表からの放射が地表の吸収する太陽放射より多いというのは，ちょっと不思議な感じがしますね！

Chapter2　演習問題

□　気象衛星ひまわりの画像

日本列島上空の雲のようすは，赤道上空約 36000km にある静止気象衛星ひまわり〔ひまわり８号・９号〕によって観測されています。

次の画像は，2020 年３月 20 日の雲のようすを示すものです。撮影された時刻に着目すると，少し変な感じがしませんか？



出典：千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

問題⑴　上の画像が得られた時刻には，深夜も含まれます。深夜でも雲の画像が得られるのは，赤外線を利用しているからです。このようにして得られた画像を赤外画像とよびます。赤外画像について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

雲の分布する（対流圏 / 成層圏）では，基本的に上空ほど気温が（高い / 低い）。よって，上空に雲があれば，その温度は地表よりも（高い / 低い）といえる。

物体は温度が高いほど多くの赤外線を放射するので，赤外線の強いところを（黒 / 白），赤外線の弱いところを（黒 / 白）

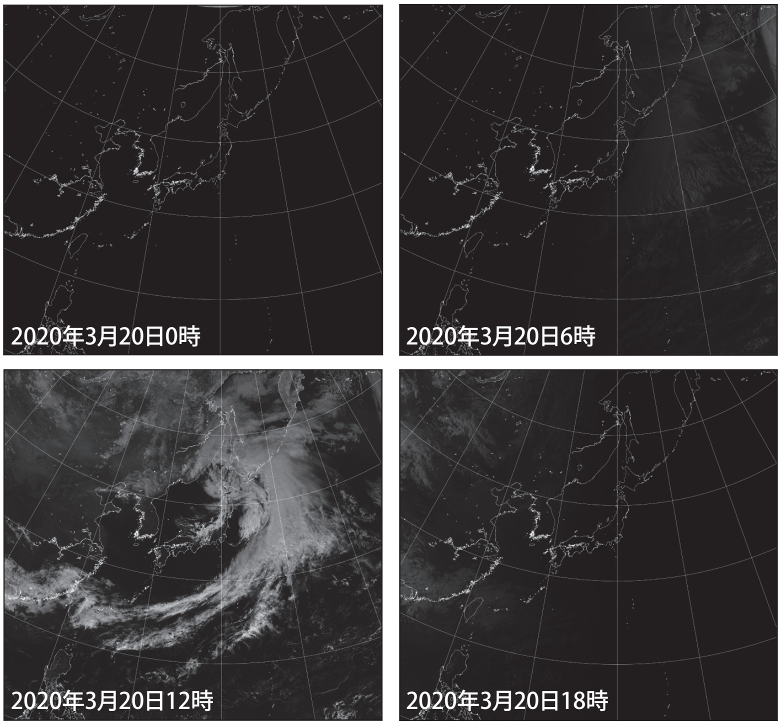
知っておこう

大気の窓

地表から放射される赤外線の多くは大気によって吸収されますが，波長 8〜14μm の赤外線はほとんど吸収されないことが知られています。

この領域は大気の窓とよばれ，上空から地表を観測するときや，地表から宇宙を観測するときに利用されています。上の赤外画像も，この領域の波長（約 10μm）を利用して得られたものです。

で表せば，雲が白く表された画像を得ることができる。



出典：千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

問題(2) 上の画像は，前ページと同じ日の同じ時刻に可視光線を利用して得られたものです。このようにして得られた画像を可視画像とよびます。可視画像は日中しか得られません。可視画像について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

宇宙から地球を見たときに観測される可視光線は，太陽放射が大気や地表などによって（放射 / 反射）されたものである。

岩石や森林，海洋などの地表と比べたとき，雲はアルベドが（大きい / 小さい）。よって，可視光線の強いところを（黒 / 白），可視光線の弱いところを（黒 / 白）で表せば，雲が白く表された画像を得ることができる。

ここがPOINT

アルベドは入射する電磁波のうち反射されるものの割合なので，光をよく反射するものはアルベドが大きく，光をあまり反射しないものはアルベドが小さいといえます！

第 6 講　PART4　確認問題

問 1　温室効果ガスとは，太陽放射の中心となっている（　ア　）をよく通すが，地球放射の中心となっている（　イ　）を吸収する性質をもつ気体のことである。大気中の温室効果ガスは，地表から放射された（　イ　）を吸収し，さまざまな方向に放射する。地表がその（　イ　）を吸収することにより，地表の温度を上昇させる。

(1)　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　X 線　　②　紫外線　　③　可視光線　　④　赤外線

(2)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　X 線　　②　紫外線　　③　可視光線　　④　赤外線

(3)　温室効果ガスとして誤っているものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　窒素　　②　二酸化炭素　　③　メタン　　④　水蒸気

(4)　地球に温室効果ガスがない場合，地表の平均気温はおよそ何℃になると計算されているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　－ 273℃　　②　－ 100℃　　③　－ 18℃　　④　15℃

＜ Note ＞

PART5 潜熱

目標　潜熱とは何か，地表と大気との間の熱輸送と関連付けて説明できる

Chapter1　潜熱

1　水の三態　復習

・**水の状態変化（小学理科）**

　氷に熱を加えるとやがて水になり，水に熱を加えると水蒸気になる。逆に，水蒸気を冷やすと水になり，水を冷やすと氷になる。

・**水の状態変化と体積や質量の変化（中学理科）**

　氷・水・水蒸気の間で状態が変化するとき，体積は変化するが質量は変化しない。

2　潜熱

　水を「温める」ということは，水に「エネルギーを与える」と言い換えることもできます。20℃の水 1kg を温めて 30℃の水 1kg になるということは，その 1kg の水はエネルギーをもらったので 10℃だけ温まった，と言えるわけです。

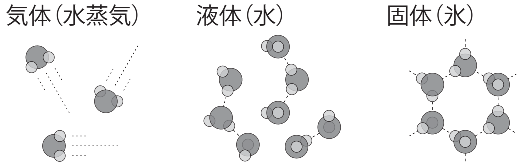
→　では，20℃の水 1kg を温めて 20℃の水蒸気 1kg になったとき，エネルギーはどこに行ったのでしょうか？

・**潜熱**

　水（H_2O）の分子のつながりに着目する。近くにある分子どうしの間には，引き合う力がはたらいている。

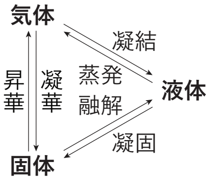
　気体……分子が 1 つ 1 つ分かれて自由に飛び回っている
　液体……分子間に力がはたらくが，分子どうしの位置は変わる
　固体……分子間の力により，分子どうしの位置が固定

という状態だといえる。



復習

状態変化のよび方（中学理科）



知っておこう

蒸発と沸騰

　水が蒸発するのは 100℃でしょう，と思ったかもしれません。でも，汗も水たまりも，100℃ではないのに乾いてしまいますよね。

　これは，液体の表面では，「液体→気体の変化」である「蒸発」が，沸点未満の温度でも起こるからです。沸点は，「液体の内部で液体→気体の変化が生じる現象」である「沸騰」が起こる温度なのです。

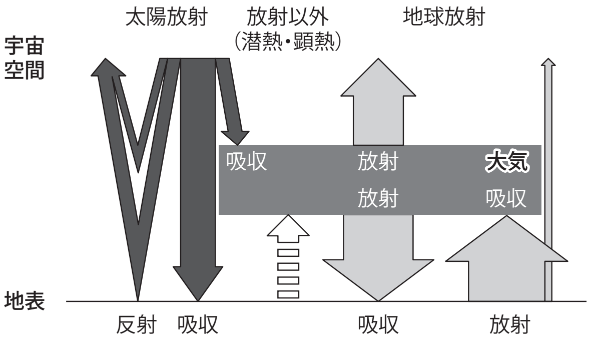
液体が気体に変わるということは，分子間の力を振り切って飛び回るためのエネルギーを周囲から受け取るということに相当する。

逆に，気体が液体に変わるということは，飛び回っていた分子がエネルギーを周囲に放出して，分子間の力を振り切れなくなるということに相当する。

このような，状態変化によってやり取りされるエネルギーのことをまとめて**潜熱**という。

・潜熱のやり取りも含めた地球の熱収支

宇宙空間, 大気, 地表のそれぞれについて, 受け取るエネルギーと失うエネルギーはほぼ等しい。そのため，それぞれの温度はほぼ一定に保たれている。



※潜熱と顕熱

潜熱……水の状態変化にともなってやり取りされるエネルギー。水が地表で蒸発，大気中で凝結することで，（地表 / 大気）から（地表 / 大気）へと輸送される。

顕熱……状態変化をともなわずにやり取りされるエネルギー。温かい地表にふれた空気が温められ，伝導や対流によって上空へと輸送される。

講師からのMessage

PART3・PART4 にも似たような図がありましたね。いずれもエネルギーのつり合いを考えているわけですが，少しずつ違います。どこが変わったか，見比べてみましょう！

☞ 潜熱や顕熱は南北方向にも輸送されています。これについては，第 7 講の「緯度別熱収支と南北熱輸送」で扱います！

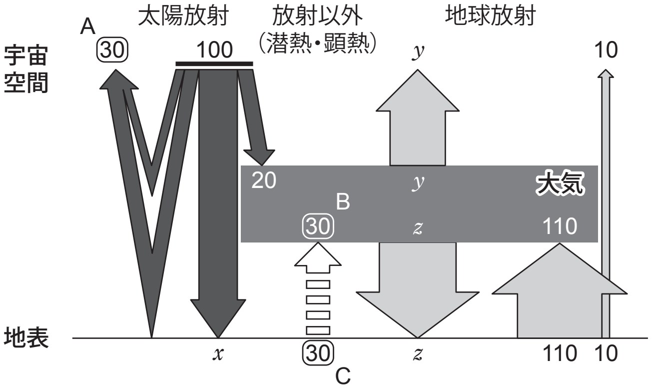
まとめ

状態変化にともなってやりとりされるエネルギーを＿＿＿＿という。
同じ温度で比べたとき，水と比べて水蒸気の方がこのエネルギーを多くもっていると考えることができる。
そのため，水が地表で＿＿＿＿し，大気中で＿＿＿＿することで，エネルギーが地表から大気へと輸送されているといえる。

Chapter2　演習問題

□　地球の熱収支【発展】

PART3からPART5にかけて，地球の熱収支について扱いました。ここでは，地球の熱収支について，具体的な数値を用いて少し詳しく見ていきましょう。次の図は，宇宙空間・大気・地表における地球全体のエネルギーのやり取りを模式的に表したものです。ただし，数値は宇宙空間から地球の大気上端に入射する太陽放射のエネルギーを100とした値です。また，以下では宇宙空間・大気・地表において，エネルギーのつり合いが成り立っているものとします。



問題(1)　入射する太陽放射のエネルギー100のうち，反射されるエネルギー（図中のAの30）の占める割合のことを，何とよぶでしょうか。

問題(2)　図中のBとCのうち，水の凝結が起こっているのはどちらでしょうか。

問題(3)　入射する太陽放射100が3つの行き先に分かれていることに注意して，図中の x の値を求めましょう。

問題(4)　宇宙空間におけるエネルギーのつり合いが成り立っていることを用いて，図中の y の値を求めましょう。

ここがPOINT

つり合いが成り立っているということは，入ってくるエネルギーと出ていくエネルギーが等しいということです！

問題(5)　(4)の結果と，大気におけるエネルギーのつり合いが成り立っていることを用いて，図中の z の値を求めましょう。

問題(6)　(3)と(5)の結果をもとに，地表におけるエネルギーのつり合いが成り立っていることを確認しましょう。

第 6 講　PART5　確認問題

問 1　水が液体から固体に変化するとき，熱を（　ア　）する。また，水が液体から気体に変化するとき，熱を（　イ　）する。このように物質が状態変化するときには，エネルギーのやり取りが行われる。例えば，水が地表で水蒸気へと変化して，大気中で（　ウ　）すると，エネルギーが（　エ　）へ輸送されたことになる。

(1)　空欄ア，イにあてはまる語の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ア：吸収　イ：吸収　　②　ア：吸収　イ：放出
③　ア：放出　イ：吸収　　④　ア：放出　イ：放出

(2)　下線部について，状態変化にともなってやり取りされるエネルギーを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　顕熱　　②　潜熱　　③　断熱　　④　比熱

(3)　空欄ウにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　凝結　　②　蒸発　　③　凝固　　④　融解

(4)　空欄エにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　大気から地表　　②　地表から大気

< Note >

第7講　大気と海洋
PART1 高気圧と低気圧

目標　高気圧と低気圧の雲の有無やまわりの風の吹きかたの違いを説明できる

Chapter1　高気圧と低気圧

1　雲と降水

雨は雲から降ってきますが，雲があれば必ず雨が降る，というわけではありませんね。

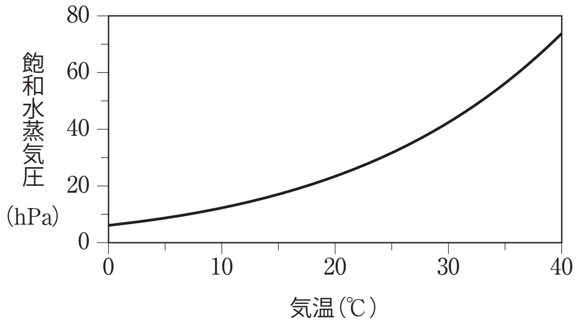
→　雲や雨は，そもそもどのようなものなのでしょうか？

・**雲とは**

直径0.01mm前後の微小な水滴や氷の粒〔これらを雲粒といいます〕が，上昇気流によって支えられて大気中に浮かんでいるもの。

・**飽和水蒸気圧**

空気中に含むことのできる水蒸気の限度量を圧力で表したもの。



空気が上空に持ち上げられて温度が低くなると，含むことのできる水蒸気は（増加 / 減少）する。

→　雲は，空気中に含めなくなった水蒸気が水滴や氷の粒となったもの。

・**降水の原因**

雲粒が集まって1mm前後の大きさになり，上昇気流によって

知っておこう

雲粒と雨粒

雲粒と雨粒では，直径が100倍程度異なります。それほど大きな差ではないような気もしますが，体積でみると100^3 = 1000000倍です。それだけたくさんの雲粒が集まらなければ雨粒にならないと考えれば，雨を降らせない雲があるのも納得ですね！

支えきれなくなると，粒は落下して雨や雪などの降水となる。

2 高気圧と低気圧

高気圧に覆われると晴れ，低気圧が近づくと雨，というイメージがありますね。

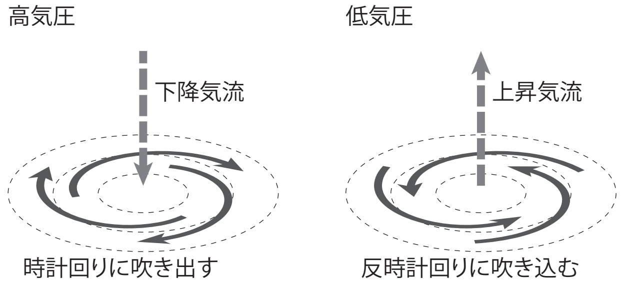
→ 高気圧と低気圧で雲のでき方に違いがあるのはなぜでしょうか？

・**風**

風は空気の流れであり，その原動力は気圧の差である。

地表付近の風は，気圧の（高い / 低い）側から（高い / 低い）側へと吹く。

・**高気圧と低気圧の特徴**



→ 高気圧の中心付近は下降気流なので，雲ができにくい。
低気圧の中心付近は上昇気流なので，雲ができやすい。

まとめ

空気が上空に持ち上げられて温度が低くなると，空気の中に含むことのできる水蒸気が減少し，水滴や氷の粒の集まりである雲ができる。
雲粒が集まって十分大きくなり，落下したものが降水である。
風の原動力は，＿＿＿＿の差である。
高気圧の中心付近では＿＿＿＿気流となり，地表付近では風が中心から＿＿＿＿回りに吹き出す。
低気圧の中心付近では＿＿＿＿気流となり，地表付近では風が中心へと＿＿＿＿回りに吹き込む。

講師からのMessage

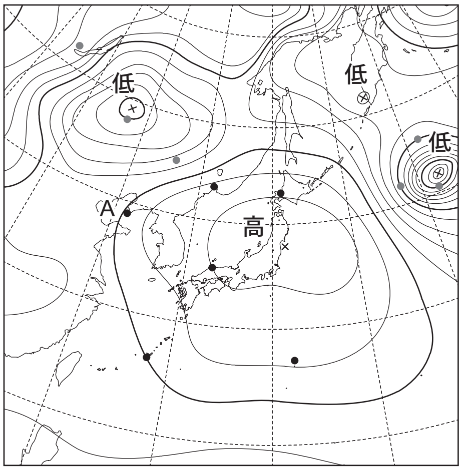
高気圧や低気圧の中心付近で風が渦を巻くのは，地球の自転の影響があるからです。
地球の自転の影響は北半球と南半球で逆向きになるので，南半球の渦の向きは左の図と逆になるんですよ！

Chapter2　演習問題

□　天気図から風の流れを読み取る

私たちが新聞やテレビなどで目にする天気図は，標高 0m における気圧の分布を等圧線で示したものです。等圧線だけからどのような風が吹いているかを正確に知ることはできませんが，高気圧や低気圧の分布から大まかな風の流れを読み取ることはできます。ここでは，実際の天気図を例にして，そのような練習をしてみましょう。

次の図は，ある日の天気図を示したものです。ただし，高気圧や低気圧の中心気圧は省略されています。この天気図では等圧線が 4hPa ごとに描かれていて，5 本ごと，つまり 20hPa ごとに太線となっています。



気象庁の天気図から作成

知ってておこう

等圧線

等圧線は，名前の通り圧力の等しい場所を結んだ線です。たとえば，「1020hPa の等圧線」の上では，場所によらず気圧が 1020hPa です。

問題⑴　日本列島を広く覆っている高気圧のまわりで風がどのように吹いているのかを考えます。黒丸で示された６地点について，各地点を中心とする長さ 5mm 程度の矢印で風の吹いていく方向を書き込んでみましょう。

問題⑵　⑴と同様にして，日本の北西と東にある２つの低気圧のまわりで風がどのように吹いているのかを考えます。灰色の丸で示された６地点〔北西と東の各３地点〕について，各地点を中心とする長さ 5mm 程度の矢印で風の吹いていく方向を書き込んでみましょう。

問題⑶　⑴，⑵を参考にして，前ページの天気図から考えられることを説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

日本列島の上空では広く（下降気流 / 上昇気流）が発生しており，雲の形成（されやすい / されにくい）状態だったと予想される。

また，日本列島付近の高気圧と北西にある低気圧との間に位置する図の A 地点では，（高気圧から低気圧 / 低気圧から高気圧）に向かう風が吹いていたと考えられる。海上の大気中には水蒸気が多く，大陸の大気中には水蒸気が少ないことから，この風は（湿った / 乾いた）風だといえる。そのため，図の A 地点では比較的雲が（広がりやすい / 広がりにくい）状態だったと考えられる。

知っておこう

海と陸の風

大気中の水蒸気は，おもに海面からの蒸発により供給されます。海には十分多くの水があるため，海から吹いてきた風は海面から蒸発してできた水蒸気を多く含むと考えることができます。

反対に，大陸の上では蒸発量が限られるので，大陸から吹いてきた風は乾燥していると考えられるのです！

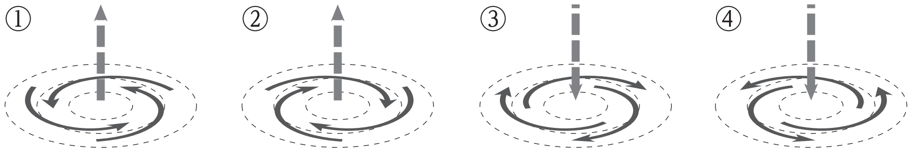
第7講　PART1　確認問題

問１　温められた空気が上昇すると，温度の低下により，a 水蒸気が水や氷へと変化して雲ができる。上昇気流が活発なところの地表付近は b 低気圧にあたり，上空には雲が発生して天気が悪くなる。逆に，下降気流が生じているところの地表付近は c 高気圧にあたり，雲が少なく晴れることが多い。

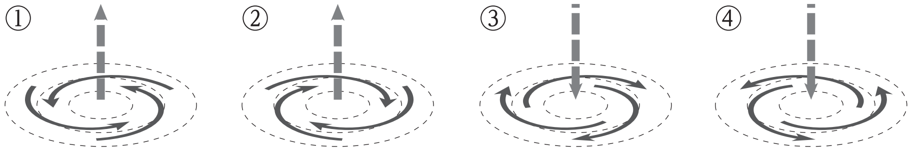
⑴　下線部ａについて，この過程では，水蒸気から水滴や氷の粒が生じる。この水滴や氷の粒のおよその大きさとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.0001mm　　②　0.01mm　　③　1mm　　④　100mm

⑵　下線部ｂについて，北半球の低気圧の中心付近における空気の動きを表す図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。



⑶　下線部ｃについて，北半球の高気圧の中心付近における空気の動きを表す図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。



⑷　２地点の間で風が吹く原動力として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　経度の差　　②　高度の差　　③　湿度の差　　④　気圧の差

PART2 大気の大循環

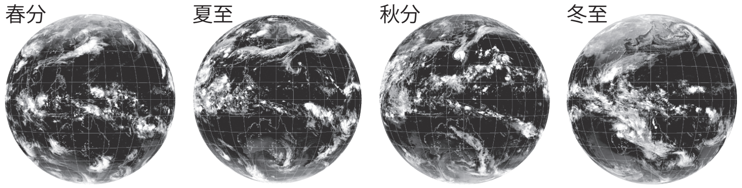
目標　ハドレー循環と偏西風について，それぞれどのようなものか説明できる

Chapter1　大気の大循環

1　対流圏の大気の大循環

次の図は，ある年の春分・夏至・秋分・冬至の雲のようすです。どの季節でも，赤道付近や中緯度～高緯度には雲が多く，赤道の南北には雲の比較的少ない領域が広がっているように見えます。

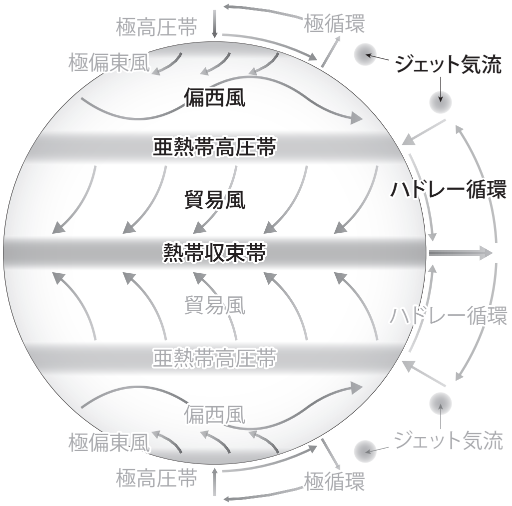
→　緯度ごとに特徴的な雲の分布は，どのようにして作られるのでしょうか？



出典：気象庁

・ **大気の大循環**

対流圏の空気の動きを長期間にわたって平均すると，緯度ごとに特徴がみられる。



講師からのMessage

左の図の太字になっている部分は特に重要です。名前をしっかりと頭に入れておきましょう！

・**ハドレー循環**

1 年間を通して最も太陽放射を多く受けるのは赤道付近なので，赤道付近は地表の温度が高くなり上昇気流が生じやすい。上昇した空気は圏界面付近で南北に分かれ，緯度 20 ～ 30°の亜熱帯へと移動する。地球の自転の影響を受けた空気はやがて下降し，地表付近を流れて再び赤道付近に戻る。この鉛直方向の循環を**ハドレー循環**という。

ハドレー循環のうち, 地上付近の風を**貿易風**という。貿易風は，北半球において（北東 / 南西）の風となっている。

熱帯収束帯……地表付近で南北から空気が集まり，上昇気流が生じて雲が発生（しやすい / しにくい）領域。周囲より気圧が（高い / 低い）。

亜熱帯高圧帯…ハドレー循環の下降流の地表付近にあたる領域。周囲より気圧が高い。

・**偏西風**

中緯度の対流圏を平均的に見ると，高度によらず南北両半球とも西よりの風が吹いている。この風を偏西風という。

偏西風は圏界面付近に軸〔風の特に強い部分〕をもち，これを**ジェット気流**という。ジェット気流の風速は 100m/s を超えることもある。

まとめ

赤道から亜熱帯における大気の鉛直方向の循環を
＿＿＿＿＿＿＿＿という。
この循環は，赤道付近の＿＿＿＿＿＿＿＿で上昇し，
緯度 20 ～ 30°の＿＿＿＿＿＿＿＿で下降する循環である。
この循環のうち，亜熱帯から赤道付近に向かう風を
＿＿＿＿＿＿といい，北半球では北東の風である。
中緯度では，南北両半球とも高度によらず西よりの風が吹いている。この風を＿＿＿＿＿＿といい，圏界面付近でこの風が最も強くなっている部分を＿＿＿＿＿＿＿＿＿という。

知っておこう

鉛直方向
上下方向〔水平面と垂直な方向〕を指します。鉛のおもりを糸につけてたれ下がる方向ですね！

知っておこう

風向
風向は，「どちらから吹いてくるのか」を表します。「北風は〔北から吹いてくるから〕冷たい」と考えるとわかりやすいでしょう。

講師からのMessage

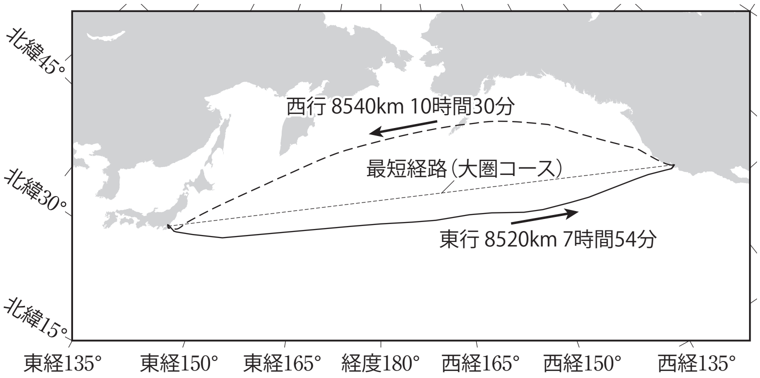
「貿易風」という名前は，大航海時代〔16 ～ 18 世紀ごろ〕の帆船がヨーロッパから新大陸〔アメリカ〕に向かうために利用したことから名づけられました。気象衛星どころか正確な世界地図もない時代ですが，どの海でどのような風が吹くのかは経験的に知られていたのです！

Chapter2　演習問題

□　大気の大循環と航空機

近距離の路線を除き，旅客機の多くは圏界面付近の高度を飛行しています。地面の上を走るときと同じように，上空の航空機も追い風を受ければ速度が上がり，向かい風を受ければ速度が落ちます。そのため，大陸間を飛ぶ旅客機はできるだけ追い風を受けて，向かい風を受けないような経路を選ぶことが多くなっています。

次の図は，1 月のある日の成田国際空港とサンフランシスコ国際空港の間を結ぶ旅客機の経路を示したものです。



出典：Flightradar24 AB

問題⑴　上の図をもとにして，この日の東行の旅客機の速さを求めてみましょう。

ⓐ　東行の所要時間 7 時間 54 分は何時間かを小数で表しましょう。

ⓑ　東行の平均の速さは時速何 km かを求めましょう。結果は一の位を四捨五入して答えましょう。

知っておこう

地図の図法

地球は球体であり，それを平らな紙の上に表す方法はいろいろあります。角度，距離，方位，面積のうち何を正しく表したいかによって，異なる図法が用いられます。

左の図はランベルト正角円錐図法により描かれたもので，最短経路〔大圏コース〕が直線で描かれるという特徴があります。

ここがPOINT

距離と時間と速さの関係を思い出しましょう。

速さの考え方が苦手な人は，第 12 講「地学基礎のための数学」も参考にしてください。

問題(2) (1)と同じようにして，この日の西行の旅客機の平均の速さは時速何 km かを求めましょう。結果は一の位を四捨五入して答えましょう。

問題(3) (1)，(2)を参考にして，前ページの旅客機の経路から考えられることを説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

東行と西行を比較すると，（東行 ／ 西行）の方が速い。このことから，追い風を強く受けているのは（東行 ／ 西行）だと考えることができる。

成田国際空港とサンフランシスコ国際空港を結ぶ経路は北緯 30°～北緯 60°で，（貿易風 ／ 偏西風）の吹く領域にあたる。この（西風 / 東風）の特に強い部分は（ハドレー循環 / ジェット気流）とよばれており，この日には（東行 ／ 西行）の経路の付近にあったと予想される。

第7講　PART2　確認問題

問１　地球の赤道付近は，地球上で太陽放射を最も多く受け取っている場所で，a 上昇気流が発生しやすい。赤道付近から上昇した空気は，上空で南北に分かれ，緯度 20°～ 30°の亜熱帯へ移動し，下降する。その後，b 地上付近を流れて，再び赤道付近に戻ってくる。このような低緯度地域における鉛直方向の大気の循環を（　ア　）という。

⑴　下線部ａについて，赤道付近において上昇気流が生じて雲が発生しやすい領域の地上付近は，周囲と比べて高圧，低圧のどちらか。また，そのような場所の地表付近では風の発散，収束のどちらが起こっているか。その組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　高圧，発散　　②　高圧，収束　　③　低圧，発散　　④　低圧，収束

⑵　下線部ｂについて，北半球において亜熱帯から赤道付近の間を吹く地上付近の風の名称と，その風向の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　貿易風，南東　　②　貿易風，北東
③　偏西風，南東　　④　偏西風，北東

⑶　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　プルーム　　②　深層循環　　③　ハドレー循環　　④　極循環

⑷　緯度 30°～ 60°の中緯度地域では，南北両半球とも偏西風が吹いている。偏西風の吹きかたとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　北半球では東から西，南半球では西から東
②　北半球では西から東，南半球では東から西
③　南北両半球とも東から西
④　南北両半球とも西から東

< Note >

PART3 海水と海流

目標　海水に含まれている成分と，環流について説明できる

Chapter1　海水と海流

1　海水

岩塩には NaCl 以外の成分も含まれています。食卓の「塩」といってもいろいろな商品があるのは，原料や製法によってそれらの成分の比率が異なり，味も少しずつ違うからこそです。

→ 海水には，どのような成分がどれくらい含まれているのでしょうか？

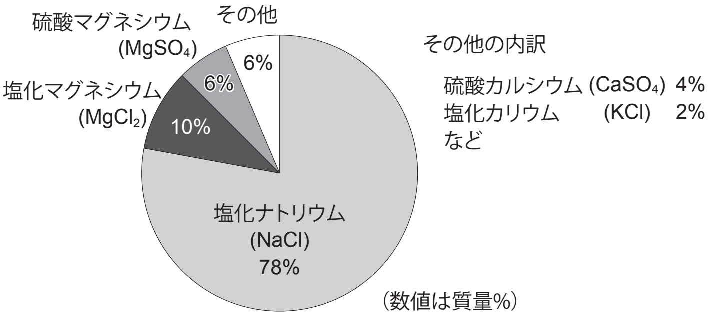
復習

岩塩（第 5 講）

NaCl〔塩化ナトリウム〕を主成分とする化学岩。水の蒸発がさかんな条件で，海水や湖水に含まれていた成分が沈殿してできたものです。

・**海水の塩類**

海水中には，さまざまなイオンが存在している。これらのイオンからつくられる化合物を塩類とよぶ。世界の海で，塩類の組成は（場所により大きく異なる / 場所によらずほぼ一定である）ことが知られている。



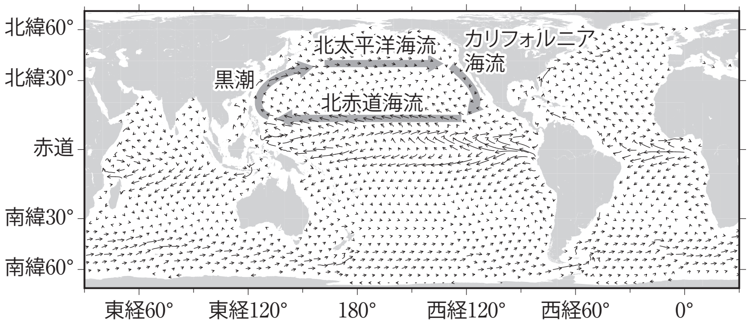
・**海水の塩分**

1kg の海水から水を蒸発させたとき，約（3.5g / 35g）の固体が残る。この割合のことを塩分という。

2　海流

中学社会では，日本列島周辺には暖流である黒潮や寒流である親潮などの海流があることを学びました。

→　世界にはどのような海流があり，それらはどのようにして形成されているのでしょうか？



出典：DOC/NOAA/NWS/NCEP（アメリカ国立環境予測センター）

・**環流と風成循環**

北半球の太平洋や大西洋では，赤道から中緯度にかけての範囲で（時計回り / 反時計回り）の循環がみられる。これを**環流**とよび，低緯度で吹く（東 / 西）よりの貿易風と，中緯度で吹く（東 / 西）よりの偏西風によって生じる。南半球の太平洋，大西洋，インド洋にも環流がみられ，これらは（時計回り / 反時計回り）である。

環流のような大規模な海流の循環は海面の上を吹く風によって生じるため，風成循環とよばれている。

まとめ

海水中の塩類とその化学式を，含まれる量の多い順に挙げると，
＿＿＿＿＿＿（＿＿＿），＿＿＿＿＿＿（＿＿＿），
硫酸マグネシウム（$MgSO_4$）である。
海水の平均的な塩分は，1kg の海水に対して約＿＿＿g である。
赤道から中緯度にかけての海洋の大規模な循環を＿＿＿＿とよぶ。
この循環は，北半球では時計回り，南半球では反時計回りである。
大規模な海流の循環は，その生じる原因にちなんで
＿＿＿＿＿＿とよばれる。

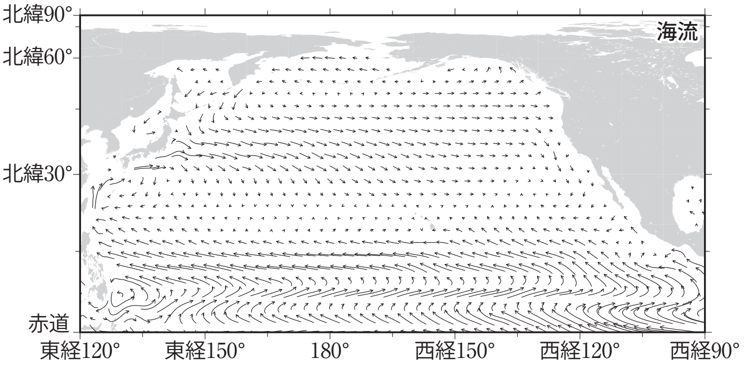
知っておこう

海流の「厚さ」
海流は，海面からおよそ1000m までの海水の流れです。それより深い部分になると，風の影響がおよばなくなるのです。

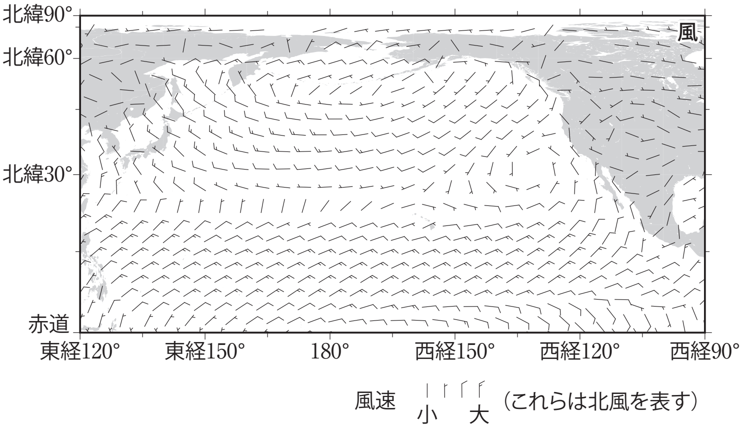
Chapter2　演習問題

□　北太平洋の海流と風

次の図は，北太平洋における 1 月の平均的な海流と地上の風を示したものです。海流の矢印は流れの向きと流速を表しており，風は風向と風速を表しています。これらの図をもとにして，北太平洋の大規模な海流と風との関係を確認してみましょう。



出典：DOC/NOAA/NWS/NCEP（アメリカ国立環境予測センター）



出典：気象庁

問題⑴ 北太平洋の海流に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

北緯10°～15°付近には，（西から東 / 東から西）へと向かう強い流れが存在する。これが（北太平洋海流 / 北赤道海流）である。また，北緯30°～45°の範囲には，（西から東 / 東から西）へと向かう流れがみられる。これが（北太平洋海流 / 北赤道海流）である。これらの東西の流れのほかに，フィリピンから日本列島にかけて北上する強い流れも確認できる。これを（親潮 / 黒潮）という。さらに，他の海流と比べると弱いが，北太平洋の広い範囲で南下する流れも確認できる。これらは（時計回り / 反時計回り）の循環を形成しており，この循環を（環流 / 寒流）という。

問題⑵ 北太平洋の風に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

赤道から北緯20°付近までは，（西から東 / 東から西）へと向かう風が吹いている。これが（貿易風 / 偏西風）である。また，北緯30°～45°の範囲には，（西から東 / 東から西）へと向かう風がみられる。これが（貿易風 / 偏西風）である。

さらに，西経120°～150°の北緯20°～30°付近の領域では，風が（時計回り / 反時計回り）に吹いている。これは，この領域が（高気圧 / 低気圧）になっているためだと考えられる。

講師からのMessage

⑵は PART2 の復習になっています。自信のない人は復習しておきましょう！

問題⑶ ⑴と⑵をふまえて，北太平洋の海流と風に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

海流が西から東へと流れる領域は（貿易風 / 偏西風），東から西へと流れる領域は（貿易風 / 偏西風）の吹く領域と重なっている。海流と風の流れる方向は（同じ向き / 逆向き）である。

第7講 PART3　確認問題

問1　海水中にはさまざまな a 塩類が含まれているが，その組成は世界の海で場所によらずほぼ一定である。塩類が世界中でほぼ一定になっているのは，海水が循環されよく混ざり合っていることの証拠でもある。b 大規模な海水の循環は風の影響を受けて形成されている。

(1)　下線部aについて，海水中に最も多く含まれている塩類は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　硫酸マグネシウム　②　塩化カリウム
③　塩化ナトリウム　④　塩化マグネシウム

(2)　(1)の塩類が海水中の塩類全体に占める割合（質量%）として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　10%　②　35%　③　78%　④　98%

(3)　海水1kgに溶けている塩類はおよそ何gか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.35g　②　3.5g　③　35g　④　350g

(4)　下線部bについて，赤道から中緯度にかけての範囲で，低緯度の貿易風と中緯度の偏西風によって生じる，海水の循環を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　環流　②　暖流　③　寒流　④　湾流

(5)　北半球における(4)の流れの向きとして最も適当なものを，次の①・②のうちから一つ選びなさい。

①　反時計回り　②　時計回り

＜ Note ＞

PART4 海洋の深層循環と層構造

目標　海洋の深層循環が生じる原因や，海洋の層構造について説明できる

Chapter1　海洋の深層循環と層構造

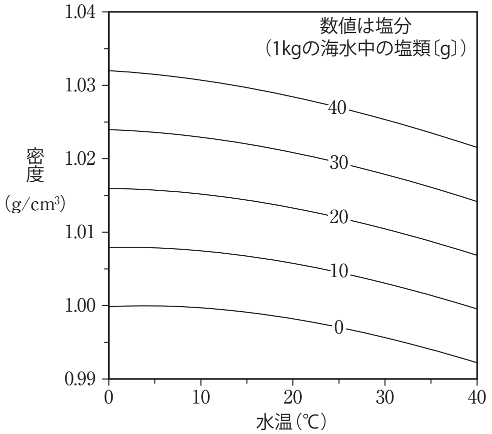
1　深層循環

PART3では，海流について学習しました。海流は，風によって生じる海面から深さ約1000mまでの海水の流れでしたね。

→　風の影響を受けない深海の水は，ずっと動かないのでしょうか？

・**海水の密度**

海水には塩類が溶けているので，温度と塩分という2つの要因によって海水の密度は変化する。



Millero and Huang (2009) と Jones and Harris (1992) の式から作成

→　水温が（上がる / 下がる）ことや，塩分が（上がる / 下がる）ことによって海水の密度は上昇する。

・**海洋の深層循環**

北大西洋のグリーンランド沖や南極大陸周辺の一部の海域では，大気による海水の冷却が特にさかんである。これらの場所では，水温が下がるとともに海氷が形成されることで海水の密度が上昇する。密度の高くなった海水は沈み込み，（100 ~ 200年 / 1000 ~ 2000年）をかけて世界中の深海をめぐっている。

講師からのMessage

図の縦軸に注意しましょう。水温や塩分の違いによる密度の変化はほんのわずかです。

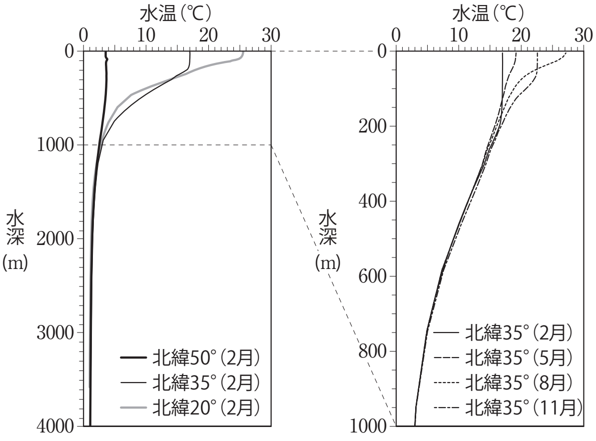
密度が周りと少しでも違えば海水は上下に移動するので，このわずかな密度の変化が重要なのです！

☜　海氷の形成が密度を上昇させる理由については，演習問題で扱います！

2 海洋の層構造

第６講で学んだように，大気は温度変化から４層に区分されます。

→ 海洋にも同じような層構造は存在するのでしょうか？



出典：DOC/NOAA/NWS/NCEP（アメリカ国立環境予測センター）

・**深層**

深さ約 1000m より深い部分には，深層循環の海水が分布する。この海水は一度沈み込んでしまうと水温がほとんど変化しないので，水温は１～３℃のまま世界中でほぼ一定に保たれている。

・**表層混合層**

海面付近では，海水が風により混合されて水温がほぼ一定となる。ふつう海面は太陽放射によって温められており，深層より温かい。

・**水温躍層**

多くの場所では深層と表層混合層の水温は大きく異なり，２つの層の間では水温が急激に変化する。この層を水温躍層とよぶ。

まとめ

北大西洋の＿＿＿＿＿＿沖や南極周辺では，海面付近の海水が冷却され，密度が上昇して沈み込む。これにより形成される深海の海水の循環を深層循環といい，1000 ～ 2000 年で世界中の深海をめぐる。

海洋は，海面付近で水温がほぼ一定の＿＿＿＿＿＿，深さが約 1000m 以上で水温がほぼ一定の＿＿＿＿，それらの間を結ぶように水温が急激に変化する＿＿＿＿＿に区分される。

知っておこう

表層混合層の厚さ

図からも読み取れるように，中緯度における表層混合層は冬に厚く，夏に薄くなります。これは，冬は海面が冷やされて対流が起こりやすくなることや，冬の方が海上の強風によるかき混ぜがさかんになることが原因です。

Chapter2　演習問題

□　海氷の形成と海水の塩分の変化

北大西洋のグリーンランド沖や南極周辺の一部の海域では，海水が風によって強く冷却されています。水温が下がるだけでも海水の密度は上昇しますが，海氷が形成されることも海水の密度が上昇する原因となっています。身近な飲み物を使って，その理由を考えてみましょう。

問題(1)　スポーツドリンクと紙コップを用意します。スポーツドリンクを紙コップ 3 つ〔A ～ C とします〕に注ぎ，冷凍庫で凍らせます。入れる量は紙コップの半分が目安です。

凍らせ始めてから 1 時間～ 1 時間半後に一度ようすを見ます。ある程度凍っていれば，A ～ C の氷を別の 1 つの紙コップ〔D とします〕にまとめて冷蔵庫に入れておきます。あまり凍っていないようであれば，もう 30 分程度待ちましょう。

さらに 1 時間～ 1 時間半経った頃に，A ～ C の氷を別の 1 つの紙コップ〔E とします〕にまとめて冷蔵庫に入れます。また，A ～ C に残った水を 1 つの紙コップ〔ここではわかりやすいように F としますが，A ～ C のどれかでかまいません〕にまとめて冷蔵庫に入れます。

D と E の氷がとけたら，D ～ F を飲み比べてみましょう。味はどのように異なるでしょうか。

☞　引き出して開けるタイプの冷凍庫の場合，開け閉めのときにこぼれないように，入れる量を少なめにするなどの工夫をしてください！

☞　味覚は温度の影響を受けるので，一度すべて冷蔵庫に入れて温度をほぼ同じにしておくとよいでしょう！

問題⑵　⑴の結果に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　実験では，D ～ F のうち D の味が最も（薄く / 濃く），F の味が最も（薄い / 濃い）という結果が得られた。このことから，A ～ C の中でスポーツドリンクが凍るとき，最初は塩類の（多い / 少ない）氷ができて，塩類の（多い / 少ない）水が残されたと考えられる。

問題⑶　⑵をふまえて，海氷の形成と海水の密度の変化に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　海水が強く冷却されて海氷が形成されるとき，海氷には塩類が（含まれやすい / 含まれにくい）と考えられる。その結果として，残された海水の塩分は元の海水よりも（高く / 低く）なる。そのため，同じ温度で比べたとき，残された海水の密度は元の海水よりも（高く / 低く）なると推測できる。

講師からのMessage

　今回の実験ではスポーツドリンクを凍らせていくときの塩分の変化を調べましたが，スポーツドリンクを凍らせてからとかしていくと，味はどのように変化するでしょうか。
　こちらは，すでに実感したことがある人も多いかもしれませんね。今回の実験をふまえて結果を推測し，実際に試してみるのもよいでしょう！

第7講　PART4　確認問題

問１　海洋は温度の変化により３つの層に分けられている。a 海面付近の海水は混合され水温がほぼ一定になっている。また，太陽放射により温められ，水温は他の層に比べ高くなっている。その下には，b 水温が急激に低下する層がある。さらに，その下の深さ約（　ア　）m から海底までは，c 水温が 1℃～ 3℃程度の低温の層が広がっている。この層を流れる海水の大部分は，グリーンランド沖や（　イ　）周辺から d 沈み込んだものである。

(1)　下線部ａの層の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。
①　水温躍層　　②　深層　　③　表層混合層

(2)　下線部ｂについて，この層の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。
①　水温躍層　　②　深層　　③　表層混合層

(3)　下線部ｃについて，この層の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。
①　水温躍層　　②　深層　　③　表層混合層

(4)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　100　　②　1000　　③　3000　　④　10000

(5)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　ハワイ諸島　　②　千島列島　　③　北極海　　④　南極大陸

⑹　下線部ｄについて，海水が沈み込むための水温と塩分に関する条件として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　水温：上がる　塩分：上がる　　②　水温：上がる　塩分：下がる

③　水温：下がる　塩分：上がる　　④　水温：下がる　塩分：下がる

PART5 南北熱輸送

目標 高緯度と低緯度での放射収支の違いや，南北熱輸送を担う過程について説明できる

Chapter1　南北熱輸送

1　放射エネルギーの収支と南北熱輸送

第６講では，地球全体の熱収支を考えました。そこでは，赤道と極, といった場所による違いについては考えませんでしたね。

→　地球上の地点では，どこでも放射エネルギーのつり合いが成り立っているでしょうか？

・**緯度ごとにみた放射エネルギーの収支と南北熱輸送**

大気上端でみたとき，地球全体では

「地球が吸収する太陽放射」＝「宇宙空間への地球放射」

が成り立っている。

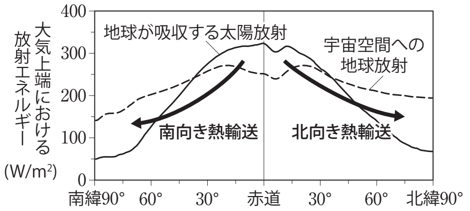
しかし，緯度ごとに見ると，赤道付近の低緯度では

「地球が吸収する太陽放射」（＞ / ＜）「宇宙空間への地球放射」

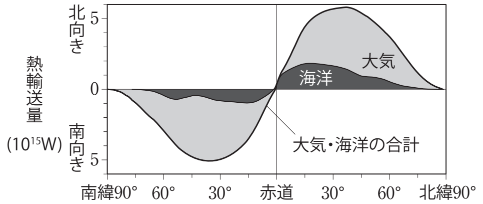
であり，極付近の高緯度では

「地球が吸収する太陽放射」（＞ / ＜）「宇宙空間への地球放射」

となっている。



NASA の公開データから作成



Yang et al.(2015)から作成

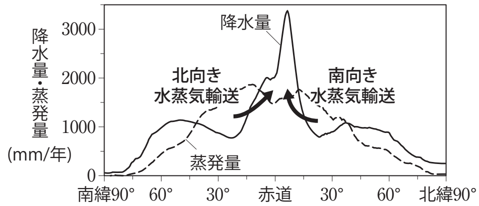
→　大気や海洋により, 低緯度から高緯度へと熱が輸送されている。

講師からのMessage

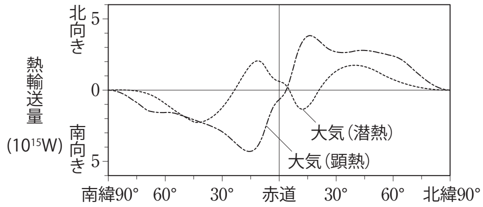
第６講で学んだように，エネルギーのつり合いがとれているからこそ，地球の温度はほぼ一定に保たれています。

緯度ごとにみた場合も同じであり，放射エネルギーの過不足を南北方向の熱輸送が調整することで，それぞれの緯度のエネルギーのつり合いが保たれています。その結果として，それぞれの緯度でも年平均の温度はほぼ一定に保たれているんですね！

・ **水蒸気輸送と熱輸送**



出典：気象庁



Yang et al.(2015)
から作成

→　大気による南北熱輸送は，温かい空気が低緯度から高緯度へと運ばれるという顕熱の輸送の占める割合が大きい。

しかし，低緯度では，亜熱帯高圧帯で海面から蒸発してできた水蒸気が（貿易風 / 偏西風）によって熱帯収束帯へと運ばれている。熱帯収束帯では上昇気流によってこの水蒸気が上空にもたらされ，凝結して雲となって雨を降らせる。つまり，この水蒸気輸送は潜熱の輸送でもあり，顕熱とは逆方向の熱輸送が起こっているといえる。

まとめ

地球が吸収する太陽放射と宇宙空間への地球放射を比べると，

低緯度……＿＿＿＿＿＿の方が大きい

高緯度……＿＿＿＿＿＿の方が大きい

という違いがある。そのため，大気や海洋による低緯度から高緯度への熱輸送が生じている。

大気と海洋を比べると，＿＿＿＿による熱輸送量の方が大きい。

地球の降水量と蒸発量を比べると，亜熱帯高圧帯では降水量よりも蒸発量の方が多い。ここで蒸発した水は貿易風によって熱帯収束帯へと運ばれて，降水となる。このような水蒸気の輸送は，亜熱帯から熱帯への＿＿＿＿の輸送となっている。

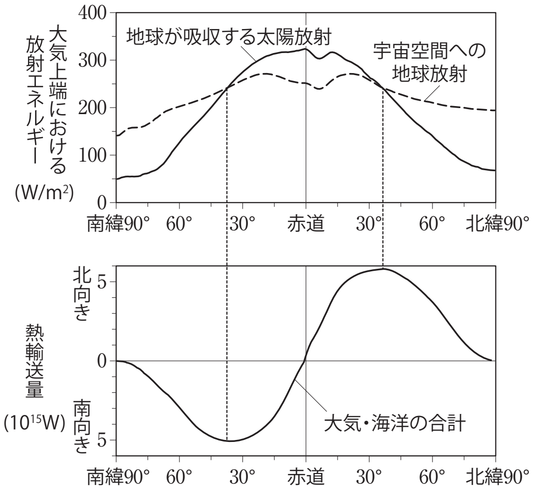
復習

潜熱（第6講）
水が水蒸気になるときにはエネルギーを周囲から受け取り，水蒸気が水になるときにはエネルギーを周囲に放出します。よって，水が地表で蒸発，大気中で凝結すると，地表から大気へとエネルギーが輸送されます。このような，状態変化によってやり取りされるエネルギーを潜熱とよびます。

Chapter2　演習問題

□　南北方向の熱輸送

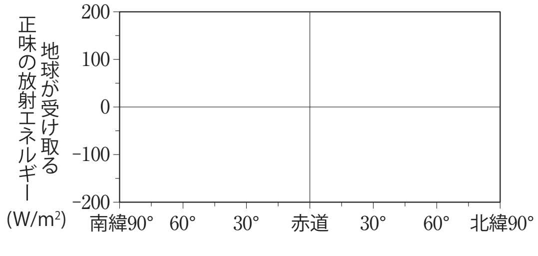
地球を緯度ごとにみたときに放射エネルギーのつり合いがとれていないことから，大気と海洋による南北方向の熱輸送が生じています。この対応関係について，少し詳しく考えてみましょう。



NASA の公開データから作成

Yang et al.(2015)から作成

問題(1)　地球が吸収する太陽放射から宇宙空間への地球放射を引いて得られる値は，地球が受け取る正味（しょうみ）の放射エネルギーを表します。上のグラフをもとにして，地球が受け取る正味の放射エネルギーが緯度によってどのように異なるのかを描いてみましょう。ただし，全体を正確に描く必要はなく，北極，赤道，南極の値と，値が $0\mathrm{W/m^2}$ となる地点に注意して描いてください。



知っておこう

「正味の」

「正味の」とは，反対向きのものを差し引いた，ということです。正味の収入といえば，収入から支出を引いた額，つまり手元で増える額を表すわけです。

問題⑵　⑴の結果に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地球が受け取る正味の放射エネルギーは，赤道から緯度35～40°付近まででは（正 / 負），それより高緯度側では（正 / 負）となっている。よって，南半球でも北半球でも，低緯度から高緯度へと熱が輸送されていると考えられる。

問題⑶　⑵をふまえて，前ページのグラフに関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

実際の熱輸送は大気や海洋によって行われるが，ここでは簡単のために熱輸送を行うトラックがあると考えよう。赤道で荷台が空のトラックを北極に向けて走らせる。正味の放射エネルギーが正の場所では余った熱をトラックに積み，正味の放射エネルギーが負の場所では足りない熱をトラックから受け取るものとする。

赤道から北緯35～40°付近まででは，正味の放射エネルギーが（正 / 負）なので，トラックには熱が積み込まれ続ける。これは，（熱輸送量が正である / 熱輸送量が増加する）ことに対応する。

一方，北緯35～40°付近から極まででは，正味の放射エネルギーが（正 / 負）なので，トラックからは熱が受け取られ続ける。これは，（熱輸送量が負である / 熱輸送量が減少する）ことに対応する。

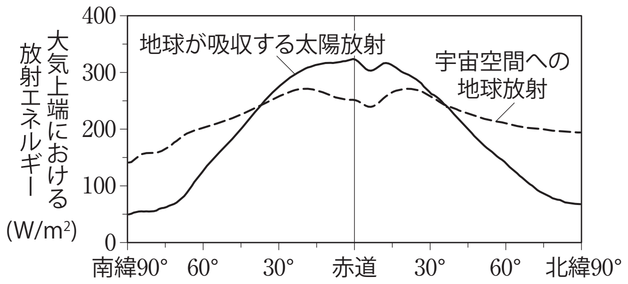
このように考えると，前ページの上の図で2本のグラフが交わる位置と，下の図で大気・海洋の合計の熱輸送量が山や谷となっている位置が一致することが理解できる。

講師からのMessage

今回の⑶では，北半球のようすをもとにして，前ページのグラフを理解しました。南半球ではどうなるか，ぜひ考えてみてください！

第 7 講　PART5　確認問題

問 1　緯度ごとに見た太陽放射と地球放射のエネルギー収支は，図のように，不均衡が生じている。この不均衡を補うために，大気と海洋によって南北方向の熱輸送が行われ，エネルギーのつり合いが保たれている。大気による熱輸送には，顕熱の輸送と潜熱の輸送がある。



(1)　図について，赤道付近の低緯度と極付近の高緯度では，それぞれ太陽放射と地球放射のどちらが多くなっているか。その組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　赤道付近：太陽放射　　極付近：太陽放射
②　赤道付近：太陽放射　　極付近：地球放射
③　赤道付近：地球放射　　極付近：太陽放射
④　赤道付近：地球放射　　極付近：地球放射

(2)　地球全体でみた大気と海洋による熱輸送に関する記述として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　大気と海洋を比べると，大気の熱輸送量のほうが多い。
②　大気と海洋を比べると，海洋の熱輸送量のほうが多い。
③　大気の熱輸送量と海洋の熱輸送量は，ほぼ等しい。

(3)　南北方向の熱輸送量が最も多い地域として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　赤道付近　　②　中緯度地域　　③　極付近　　④　緯度によらず一定

⑷　下線部の例として，亜熱帯高圧帯から熱帯収束帯への水蒸気の輸送が挙げられる。この水蒸気の輸送を行っている風として最も適当なものを，次の①〜③のうちから一つ選びなさい。

①　季節風　　②　偏西風　　③　貿易風

第 8 講　宇宙と地球の誕生
PART1 宇宙の誕生

目標　ビッグバンとそれにともなう元素の生成について，順を追って説明できる

Chapter1　宇宙の誕生

1　銀河　復習

・**銀河と銀河系（中学理科）**

恒星……太陽のように，自ら光を放つ天体。

銀河……恒星が数千億個集まったもの。

銀河系…太陽の属する銀河。恒星のほとんどは円盤状の部分に分布し，それを円盤の中にいる地球から見たものが天の川。

2　ビッグバン宇宙論

私たちの生きるこの世界がどのようにしてできたのか，ということは，人類にとっての謎であり続けてきました。

→　現時点で，宇宙の歴史についてどのようなことがわかっているのでしょうか？

・**膨張する宇宙　【発展】**

地球から見ると，ほとんどの銀河は遠ざかっていくように見える。

→　宇宙空間自体が膨張している！

→　過去には宇宙は今より小さく，ずっとさかのぼると 1 点 !?

・**ビッグバン**

今から約（46 / 138）億年前，宇宙は超高温，超高密度の点のような状態から始まった。これをビッグバンとよぶ。

講師からのMessage

このPARTでは，地学基礎の教科書によっては扱われていない内容（**【発展】**の内容）も学習します。

どうしてビッグバンという考え方が生まれたのか，ということを理解するうえで重要な内容なので，敬遠せずに取り組んでくださいね！

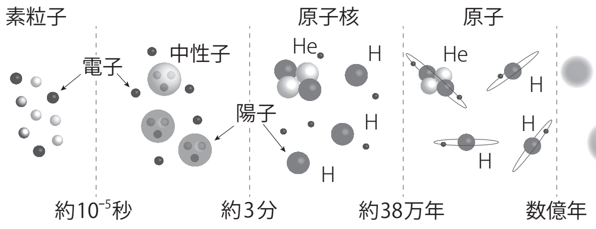
復習

元素記号（中学理科）

天文分野では，いくつかの限られた元素がしばしば出てきます。漢字やカタカナで書くより元素記号で書く方が楽なので，ぜひ覚えておきましょう！

H: 水素

He: ヘリウム



ビッグバンからの時間

・ **ビッグバンの元素合成**

宇宙は膨張するにつれて冷えていった。

温度が下がると粒子どうしが結びついて，ビッグバンから

約 10 万分の 1 秒後…素粒子→陽子や中性子

約 3 分後……………陽子 2 つと中性子 2 つ→ He の原子核

約 38 万年後………H や He の原子核と電子→ H や He の原子

というように, 単純なものから複雑なものへと順番に形成された。

・ **宇宙の晴れ上がり**

私たちは，電磁波を用いて宇宙を観測している。

宇宙空間を電子が自由に飛び回っていると，電子に邪魔をされて電磁波が直進できない。

ビッグバンの約 38 万年後には，電子が原子核のまわりを回るようになり，自由に飛び回る電子がほとんどなくなった。これにより，発せられた光がまっすぐ遠くへ届くようになった。このできごとを宇宙の晴れ上がりとよぶ。

まとめ

宇宙は今から約________億年前に超高温・超高密度の点のような状態から始まった。これを______________とよぶ。宇宙誕生直後には宇宙には素粒子が分かれた状態で存在していた。そこから複雑な粒子が順に形成されていき，宇宙誕生から約________年後には H や He の原子が形成されて，自由に飛び回る電子がほとんどなくなった。このできごとを____________________とよぶ。

知っておこう

水素（H）の原子核

原子核は，原則として陽子と中性子が集まったものです。水素 H の原子核は例外で，中性子をもたず，1 つの陽子だけで原子核となっています。

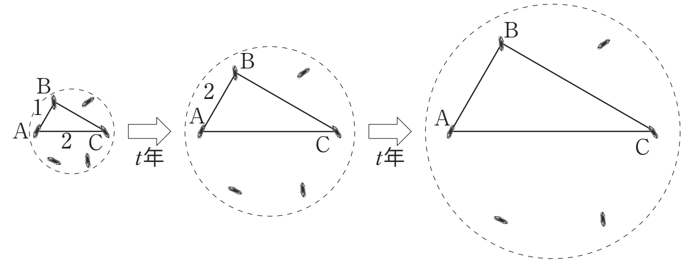
よって，ビッグバンから約 3 分後になって He の原子核が作られると，宇宙は「陽子と He 原子核と電子の時代」になったともいえますが，「H や He の原子核と電子の時代」になったともいえるわけです。

☞ 素粒子など，物質の成り立ちについては第 12 講「地学基礎のための物理」で扱っています！

Chapter2　演習問題

□　宇宙膨張とビッグバン【発展】

銀河が地球から遠ざかっていることから，ビッグバンという考え方が生まれたのはなぜでしょうか。単純化した例をもとにして，確認してみましょう。



問題(1)　上の図は，宇宙が膨張することによって，3つの銀河のつくる三角形ABCが大きくなっていくようすを示しています。

(a)　時刻0にAB＝1であり，時刻tにAB＝2であることをもとにして，Aから見たときにBの遠ざかる速さ（1年あたりの距離）を求めましょう。

(b)　(a)の速さが一定だと仮定して，時刻$2t$におけるABの長さを求めましょう。

問題(2)　時刻0の三角形ABCと時刻tの三角形ABCが相似だと考えて，時刻tにおけるACの長さを求めましょう。

復習

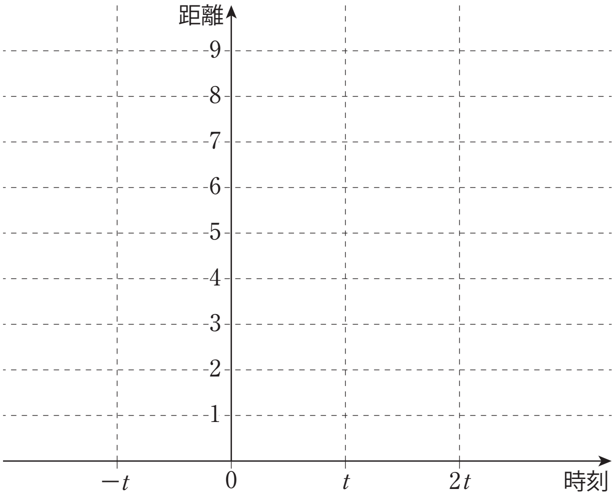
相似（中学数学）

形が同じで大きさだけが異なる図形の関係を相似といいます。

相似な図形どうしを比べると，ある辺の長さがx倍になっていれば，他の辺の長さもx倍になっています。

問題(3) (1)と同様に考えて，Aから見たときにCの遠ざかる速さと，時刻 $2t$ における AC の長さを求めましょう。

問題(4) (1)，(2)，(3)の結果を，次のグラフに示してみましょう。時刻 0，t，$2t$ における AB の長さを●，AC の長さを○で表してください。



問題(5) 時刻 0 から $2t$ までと同じように宇宙は膨張し続けていると仮定しましょう。このとき，過去（時刻 0 より前）の宇宙についてどのようなことが推測できるでしょうか。(4)のグラフをもとに，簡単に説明してください。

ここがPOINT

(4)は時刻 0 から $2t$ までの AB や AC の長さを表しています。過去について考えたいので，点を線で結んで左側にのばしてみましょう！

第 8 講　PART1　確認問題

問 1　宇宙は今から約（　ア　）年前に a 点のような状態から始まったと考えられている。このビッグバン以来，宇宙は膨張し続けている。また，膨張にともなって宇宙が冷えるにしたがって粒子どうしが結びつき，b さまざまな原子核や原子が，単純なものから複雑なものへと順番に形成された。原子核と電子が結合して原子が形成されると，自由に飛び回って光の直進を遮っていた電子がなくなり，発せられた光がまっすぐ遠くへ届くようになった。このことを c 宇宙の晴れ上がりという。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　138　　②　138 万　　③　138 億　　④　138 兆

(2)　下線部 a について，このときの温度と密度の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　超高温，超高密度　　②　超高温，超低密度
③　超低温，超高密度　　④　超低温，超低密度

(3)　下線部 b について，水素の原子核は宇宙誕生からどれくらい経った頃に形成されたか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 10^{-5} 秒後　　②　約 3 秒後　　③　約 3 分後　　④　約 3 時間後

(4)　下線部 b について，水素の次に形成された原子核は何の原子核か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　炭素　　②　酸素　　③　鉄　　④　ヘリウム

(5)　下線部 c について，宇宙の晴れ上がりは宇宙誕生からどれくらい経った頃に起こったか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 38 分後　　②　約 38 年後　　③　約 38 万年後　　④　約 38 億年後

< Note >

PART2 太陽系の誕生

目標　星間物質から惑星や太陽が形成されるまでの過程について，順を追って説明できる

Chapter1　太陽系の誕生

1　星間空間の物質

宇宙空間はほぼ真空，つまり，ほぼ何もない空間です。しかし，何もないところから突然太陽や地球が生まれるということは考えにくいですよね。

→　何もなさそうな宇宙空間にも，何か物質があるのでしょうか？

・**星間物質**

星間ガス…気体。H〔約 92%〕, He〔約 8%〕がほとんど。

星間塵……数 μm 前後の固体微粒子。炭素，氷，ケイ酸塩など。

・**星間雲**

星間物質が周囲と比べて多く集まった領域。

2　太陽系の形成過程

太陽系の誕生は，現在から約 46 億年前のできごとです。

→　ばらばらのガスや塵だった星間物質から，現在太陽系にある惑星や太陽はどのようにして形成されていったのでしょうか？

・**原始太陽と原始太陽系円盤**

星間雲の中では，星間物質が重力によって集まっていく。星間雲の収縮にともなって温度が（上昇 ／ 低下）することで，星間雲の中心部には自ら光を発する原始太陽が形成された。

このとき，原始太陽の周囲の星間物質は原始太陽のまわりを回転し，円盤状となった。これを原始太陽系円盤とよぶ。

・**微惑星の形成と原始惑星への成長**

原始太陽系円盤では，星間塵が集まって直径（10m ／ 10km）程度の微惑星が多数形成された。

講師からのMessage

1990 年代以降，太陽以外の恒星のまわりを公転する惑星である系外惑星が多数発見されています。さらに，まさに惑星が形成されつつある円盤も観測されています。

他の恒星のまわりの惑星を観測することにより，太陽系の形成過程についても見直しが進められている最中なんですよ！

その後，微惑星どうしが衝突・合体して，直径（数 km ／ 数千 km）程度の原始惑星が数十個形成された。

・円盤のガスの消失と惑星の形成

原始太陽の放射する X 線や紫外線の影響により，円盤のガスは 1000 万年前後で消失する。

太陽の近く………円盤のガスが消失することで原始惑星の軌道が不安定となり，原始惑星どうしが巨大衝突を起こして岩石質の惑星が形成された。

木星・土星付近…原始惑星が周囲のガスを引き付けて，大量のガスをもつ巨大な惑星が形成された。

土星より遠く……原始惑星が周囲のガスを十分引き付けて成長する前に，円盤のガスが消失した。太陽から遠く低温なので円盤の星間塵に多くの氷が含まれており，氷を主成分とする大きな惑星が形成された。

・主系列星としての太陽の誕生

原始太陽が自らの重力で収縮し，中心部の温度が約 1000 万 K を超えると，（2 つ ／ 4 つ）の H 原子核から 1 つの He 原子核が生成される（核分裂 / 核融合）反応が起こるようになった。

この段階の恒星を主系列星とよび，太陽は（1000 万年 ／ 100 億年）程度，この段階でい続けると考えられている。

知っておこう

太陽の特徴

直径は地球の約 110 倍で，太陽系最大の天体です。地球と同様に自転していて，表面にある黒点が移動するようすが確認できます。

なお，太陽表面を光球とよび，第 6 講でも扱ったように その温度は約 6000K です。黒点は約 4000K で，周囲より低温であることから黒く見えています！

まとめ

太陽系は，現在から約_____億年前に形成された。

星間雲の中心部で原始太陽が形成されたとき，その周囲に星間物質が形成した円盤を__________という。

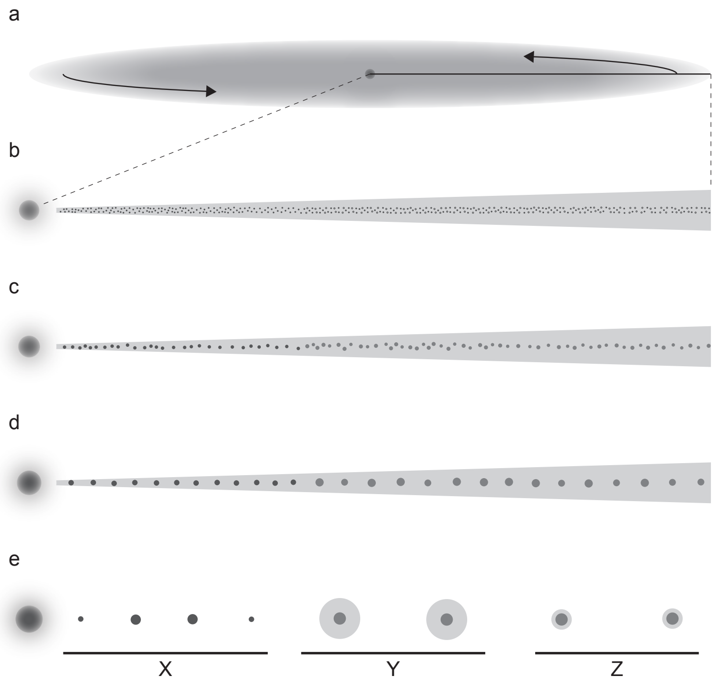
星間塵→________〔直径 10km 程度〕→________〔直径数千 km〕→惑星の順に進化していった。

原始太陽の中心部の温度が上昇すると，___つの___原子核から 1 つの___原子核が生成される核融合反応が始まった。この段階の恒星を________とよぶ。

Chapter2　演習問題

□　太陽系の形成と惑星の内部構造

ここまでのテキストでは，文字を中心とした説明が続いていました。演習問題では，それらの情報を図の上で整理し直してみましょう。



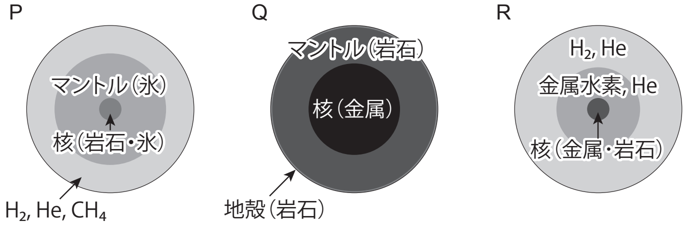
問題(1)　太陽系形成の初期（図の a）には，星間雲が収縮するとともに原始太陽が形成されました。このとき，そのまわりに形成された円盤を何とよぶでしょうか。

問題(2)　円盤が形成されると，100 万年程度の時間をかけて星間塵が集まり，直径 10km 程度の天体が多数形成されました（図の b から c）。これらの天体を何とよぶでしょうか。

問題(3)　(2)の天体は，1000 万年程度の時間でさらに集まり，直径数千 km 程度の天体を形成しました（図の c から d）。これらの天体を何とよぶでしょうか。

問題(4)　星間塵や(2)，(3)の天体は，太陽の近くと太陽からある程度以上離れた場所とで成分が異なります。どのような違いがあるか，簡単に説明してください。

問題(5)　(3)の天体が集まったり，周囲に残っていたガスを引きつけたりすることで，太陽系の惑星は誕生しました（図の e）。次の図は，太陽系の惑星の 3 種類の内部構造を模式的に表したものです。前ページの図の X ～ Z の惑星は，それぞれ P ～ R のうちどのような内部構造をとっているでしょうか。なお，金属水素とは，高圧によって水素が金属のような性質をもったものを指します。



知っておこう

惑星の層構造

　第 1 講で学んだように，地球は中心に近づくほど密度が大きなものからなる層構造をとっています。

　太陽系の惑星についても同じことがいえます。つまり，構成する物質は惑星により異なっていても，内側ほど密度が大きいものからなる，という大まかなつくりは共通なのです。

第 8 講　PART2　確認問題

問 1　太陽系は今から約（　ア　）億年前に, 星間雲の中で星間物質が重力によって収縮し, そのほとんどが中心部に集まって原始太陽を形成し，残りの星間物質は原始太陽のまわりを回転して原始太陽系円盤となった。原始太陽系円盤の中では，星間塵が集まって（　イ　）を多数形成し, それらが衝突･合体を繰り返して, 数十個の（　ウ　）となった。その後も，（　ウ　）どうしの衝突・合体により，現在のような太陽系の惑星が形成された。原始太陽は，自らの重力で収縮し，中心部の温度が 1000 万 K を超えると，a 核融合反応が起こるようになった。この段階の恒星を（　エ　）とよぶ。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　6　　②　46　　③　92　　④　138

(2)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　彗星　　②　小惑星　　③　微惑星　　④　原始惑星

(3)　空欄ウにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　彗星　　②　小惑星　　③　微惑星　　④　原始惑星

(4)　下線部 a に関して，何個の水素原子核から 1 個のヘリウム原子核が生成されたか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1 個　　②　2 個　　③　3 個　　④　4 個

(5)　空欄エにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　主系列星　　②　彗星　　③　衛星　　④　原始星

< Note >

PART3 太陽系の惑星

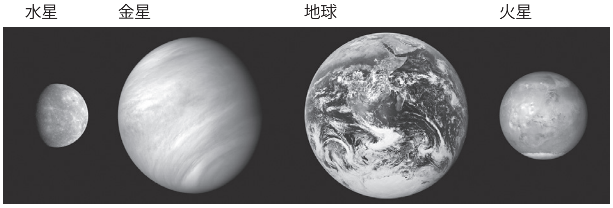
目標　太陽系の８つの惑星について，大きさや大気に着目して違いを説明できる

Chapter1　太陽系の惑星

1　地球型惑星

PART2 では，太陽の近くには岩石質の惑星が形成されたことを学びました。これらを地球型惑星とよびます。

→　太陽系の地球型惑星はどれでしょうか？　また，それらの惑星の違いはどのような点でしょうか？



※

・**水星**

太陽に最も近く，太陽系最小の惑星。

大気がほとんどないことに加えて，太陽の南中から次の南中まで約６か月かかるので，昼は 400℃以上，夜は－150℃以下という非常に大きな温度差がある。

・**金星**

地表面気圧が 92 気圧，主成分（CO_2 / H_2）の大気をもつ。

太陽の南中から次の南中までは約４か月かかるが，厚い大気があるので昼と夜の温度差は小さい。大気の温室効果により，地表の平均温度は 460℃と太陽系の惑星で最も高くなっている。

・**地球**

地表面気圧が１気圧，主成分（N_2 / H_2）の大気をもつ。また，大気に 1% 以上の（He / O_2）を含む唯一の惑星である。

地表の平均温度は 15℃で，自転軸が傾いているため季節が存在する。太陽系の惑星で唯一，表面に液体の水がある。

☜　惑星の大きさの比が実際と等しくなっています。金星は地球よりやや小さい程度，火星は地球の約半分，水星はさらに小さいということがわかります！

講師からのMessage

第７講で学んだように，大気には熱を輸送するはたらきがあります。地球の場合は暖かい低緯度から寒い高緯度へと熱が運ばれていることを学びました。

もし水星に大気があれば，暖かい昼側から寒い夜側へと熱が運ばれて，昼と夜の温度差が小さくなると考えられますね！

※出典：
水星（NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie）
金星（NASA/JPL-Caltech）
地球（NASA/JSC）
火星（NASA/JPL/Malin Space Science Systems）

・**火星**

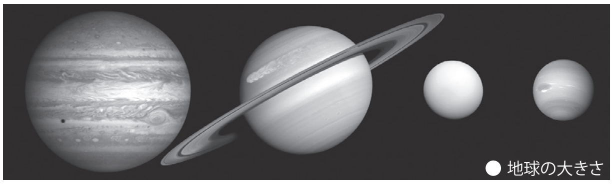
地表面気圧が 0.01 気圧以下で，主成分（CO_2 / O_2）の大気をもつ。

太陽の南中から次の南中までは約 1 日。地表の平均温度は −60℃で，自転軸が傾いているため季節が存在する。現在の地表面に液体の水は存在しないが，過去に流水によって形成されたと考えられる地形や地層が存在する。

2　木星型惑星

PART2 では，太陽から遠い場所ではガスや氷を主成分とする惑星が形成されたことを学びました。これらを木星型惑星とよびます。

→　木星型惑星にはどのような特徴があるでしょうか？



・**木星と土星〔巨大ガス惑星〕**

木星は太陽系最大の惑星, 土星は太陽系で 2 番目に大きな惑星。

どちらの惑星も大気の 99% 以上が（CO_2 と N_2 / H_2 と He）で占められる。大気の流れによる模様があり，木星には大赤斑とよばれる地球の直径より大きな渦が存在する。また，土星には可視光線で確認できる環がある。

・**天王星と海王星〔巨大氷惑星〕**

どちらの惑星も大気のほとんどが（CO_2 と N_2 / H_2 と He）で占められるが，1 ～ 2% 程度（CH_4 / H_2O）を含むため青っぽく見える。

まとめ

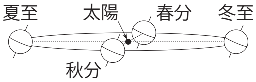
分類	地球型惑星	木星型惑星	
惑星	水星・金星・地球・火星	木星・土星	天王星・海王星
半径	小 / 中 / 大	小 / 中 / 大	小 / 中 / 大
大気	金星・火星：CO_2, N_2 水星：なし，地球：N_2, O_2	H_2, He	H_2, He, CH_4

復習

自転軸の傾きと季節（中学理科）

地球の自転軸〔地軸〕は，公転面から見て垂直な方向から約 23° 傾いています。

そのため，1 年の中で地表面と太陽光線のなす角度が変化して，地表の温度も変化します。



復習

化学式（中学理科）

大気の成分は，化学式を用いて表すと楽に書けます。ぜひ覚えておきましょう！

H_2: 水素
He: ヘリウム
N_2: 窒素
O_2: 酸素
CH_4: メタン
CO_2: 二酸化炭素

※出典：
木星 (NASA/JPL/University of Arizona)
土星 (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)
天王星 (NASA/JPL-Caltech)
海王星 (NASA/JPL)

Chapter2　演習問題

□　表面に液体の水をもつ惑星・地球

太陽系にはさまざまな特徴をもつ惑星があることを学びました。それら８つの惑星のうち，表面に液体の水が存在するのは地球だけです。

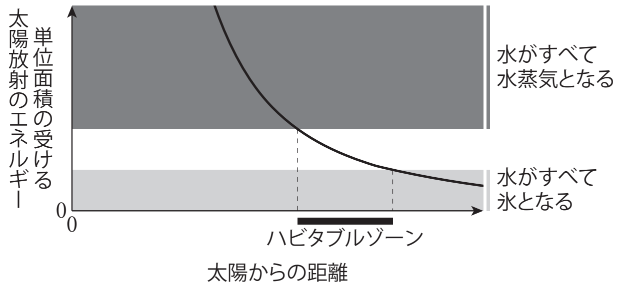
ここでは,「表面に液体の水をもつ」という地球の特徴について，少し詳しく考えてみましょう。

問題⑴　太陽からの距離と液体の水に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

太陽から放射された電磁波は，球状に広がっていく。球の表面積は半径の（２乗 / ３乗）に（比例 / 反比例）するので，太陽放射に垂直な $1m^2$ の受ける太陽放射のエネルギーは，太陽から遠ざかるほど小さくなっていく。

ここで,「表面に液体の水をもつ」ということは，水がすべて水蒸気になってしまうほど表面温度が高くならず，水がすべて氷になってしまうほど表面温度が低くもならないということである。

よって,「表面に液体の水をもつ」条件は，水がすべて水蒸気になってしまうほど太陽放射を多く受けず，水がすべて氷になってしまうほど太陽放射が少ないわけではない，という条件である。この条件をみたす領域は，次の図に示すように太陽からの距離がある一定の範囲に入った部分であり，ハビタブルゾーンとよばれている。



講師からのMessage

今回の演習問題は，第６講や第８講で学んだ内容の復習を含んでいます。忘れていることに気づいたら，その部分を復習してくださいね！

講師からのMessage

太陽以外の恒星のまわりでも，ハビタブルゾーンを考えることができます。近年ではハビタブルゾーンに位置する系外惑星も発見されていて，惑星の軌道や質量だけでなく，大気の組成についても研究が進められつつあるところです！

問題⑵　惑星の質量と液体の水に関して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

水の蒸発によってできる水蒸気は，重力によって惑星に引きつけられている。よって，一度「表面に液体の水をもつ」という条件をみたしても，重力が小さすぎると，水が水蒸気として宇宙空間に逃げ出してしまう。つまり，「表面に液体の水をもつ」ためには，ある程度の重力が必要だということになる。

また，太陽系の誕生時に，水は太陽に近い場所で（水蒸気 / 氷），太陽から遠い場所で（水蒸気 / 氷）の状態で存在した。このように，圧力の非常に低い環境では，水は液体として存在できない。つまり,「表面に液体の水をもつ」ためには,ある程度の大気圧が必要だということになる。

これらの条件は，いずれも「表面に液体の水をもつ」ためには，惑星にある程度の質量が必要だということを示している。太陽系でいえば，（水星 / 金星）のように質量の小さな惑星は，表面に液体の水をもつことができないのである。

問題⑶　⑴，⑵をふまえて，地球が表面に液体の水をもつ理由を，太陽からの距離と惑星の質量に着目して説明してみましょう。

第8講　PART3　確認問題

問1　太陽系には8つの惑星が存在している。太陽に近い（　ア　）を主成分とする惑星を（　イ　），太陽から遠い（　ウ　）を主成分とする惑星を（　エ　）という。各惑星は，大きさのほか，大気の成分や表面温度などさまざまな違いがある。

(1)　空欄ア～エにあてはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ア：ガスや氷　イ：木星型惑星　ウ：岩石　エ：地球型惑星
②　ア：ガスや氷　イ：地球型惑星　ウ：岩石　エ：木星型惑星
③　ア：岩石　イ：木星型惑星　ウ：ガスや氷　エ：地球型惑星
④　ア：岩石　イ：地球型惑星　ウ：ガスや氷　エ：木星型惑星

(2)　水星，地球，木星，土星を赤道半径の小さいほうから順に並べたものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　水星，地球，木星，土星　　②　水星，地球，土星，木星
③　地球，水星，土星，木星　　④　地球，水星，木星，土星

(3)　二酸化炭素を主成分とする厚い大気をもち，表面の気圧は90気圧以上，表面の平均温度は約460℃である惑星として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　金星　②　火星　③　木星　④　天王星

(4)　表面に地球の直径より大きな大赤斑とよばれる渦のある惑星として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　金星　②　木星　③　土星　④　海王星

(5)　天王星と海王星が青っぽく見える原因となっている気体は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　メタン　②　酸素　③　ヘリウム　④　窒素

< Note >

第 9 講　地球と生命の進化

PART1 地層や岩石のできた順序

目標　不整合，岩脈，かぎ層とは何かについてそれぞれ説明できる

Chapter1　地層や岩石のできた順序

1　となり合う地層や岩石のできた順序

第８講では，宇宙や太陽系の誕生について学びました。これは，物理学の理論に天体の観測，隕石や彗星の分析などを組み合わせて理解が進められてきたことがらです。一方，地球ができてからについては，地層や岩石として地球上に多くの記録が残されています。

→　地球の歴史の中で，ものごとが起こった順序を読み解くための道具には，どのようなものがあるでしょうか？

・**地層累重(るいじゅう)の法則**

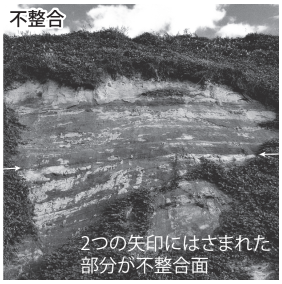
堆積物は古いものの上に新しいものが形成される。

→　堆積後の変形がなければ，地層は上ほど新しい。

・**整合と不整合**

整合……連続的に堆積した上下の地層の関係。

不整合…不連続的に，つまり途中に一度堆積作用が起こらなくなってから堆積した上下の地層の関係。２つの地層の間の面を不整合面という。不整合面は，（隆起 ／ 沈降）によって一時的に陸地となり，堆積が中断して，（隆起 ／ 沈降）によって再び水面下となることなどで形成される。



講師からのMessage

地球の歴史を考える上で,「温暖化してから生物が絶滅した」のか,「生物が絶滅してから温暖化した」のかは大きな違いです。

そんなわけで，地球の歴史を扱う第９講の初めに，ものごとの順序を調べる方法について学ぶのです！

知っておこう

地層の褶曲(しゅうきょく)

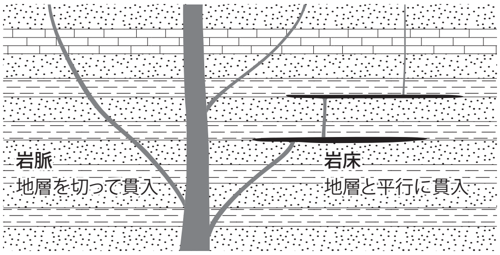
地層が波打つように曲がった構造を褶曲といいます。

地層の曲がり方が激しくなると，地層が折りたたまれたようになります。このとき，部分的に地層の上下が逆転してしまいます！

・**貫入岩体**

マグマが地層や岩石の中に割れ目をつくって入り込むことを貫入といい，貫入したマグマが固まったものを貫入岩体という。

貫入岩体は, 既に存在していた地層との関係によって分類される。



2　離れた地層のできた順序

地表には植物が生えていたり，川や人工物があったりして，地層のようすを連続的に調べることのできる範囲には限界があります。また, 地層自体が断層によってずらされていることもあります。

→　離れた地層の前後関係を調べる方法はあるでしょうか？

・**地層の対比**

離れた地層が同時期にできたかどうかを調べることを地層の対比という。地層の対比には，かぎ層や化石を用いる。

※かぎ層

地層の対比を行うために役立つ地層のこと。

広い範囲に（短期間のうちに / 長い時間をかけて）堆積し，他の地層と区別しやすい地層であることが望ましい。火山灰の層はこれらの特徴をもつので，かぎ層として用いられることが多い。

まとめ

「堆積後の変形がなければ地層は上ほど新しい」ということを表す法則を＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿という。

連続的に形成された上下の地層の関係を＿＿＿＿，一度堆積が中断してから形成された上下の地層の関係を＿＿＿＿＿という。

地層を切って貫入した岩体を＿＿＿＿，地層と平行に貫入した岩体を＿＿＿＿という。

離れた地層が同時期にできたかどうかを調べることを地層の＿＿＿＿＿といい，それに役立つ地層を＿＿＿＿＿という。

知っておこう

底盤

大規模な花こう岩の貫入岩体を底盤またはバソリスとよびます。

☞　化石を用いて地層が対比できることについては，PART2 で扱います！

知っておこう

火山灰のもつ特徴

火山の噴火によって生じる火山砕屑物は，どのようなマグマがどのように噴出したのかを反映します。そのため，同じ火山であっても，噴火ごとに異なる鉱物や色，化学組成などの特徴をもちます。

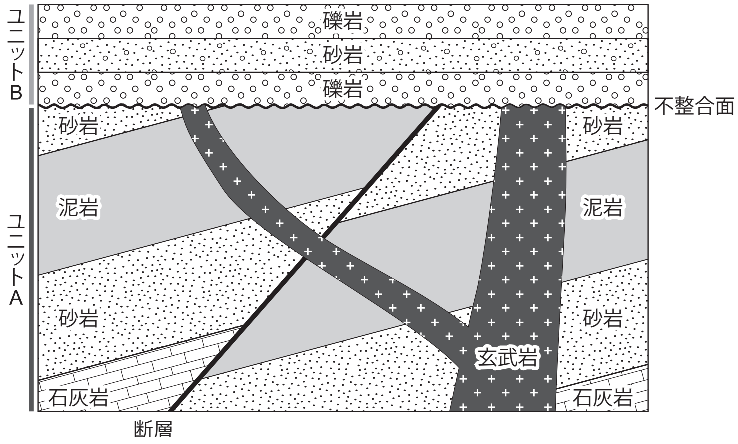
火山灰の層は噴火の名刺のようなものなのです！

Chapter2　演習問題

□　切った切られたの法則

地層は断層や不整合面，あるいは貫入岩体によって切断される（これを地質学者はしばしば「切られる」と表現します）ことがあります。このとき，「切られる」ものは「切る」ものよりも前にできているはずです。これを，「切った切られたの法則」とよぶことがあります。地層や岩体を観察したとき，2つのもののどちらがどちらを切っているのかに着目すると，どちらが先にできて，どちらが後にできたのかを推定することができます。

ここでは, 次に示すある地域の模式的な地層の断面図を用いて, 地層や岩体のできた順序を推定する練習をしてみましょう。なお, 不整合面より下の石灰岩・砂岩・泥岩・砂岩をユニットA，不整合面より上の礫岩・砂岩・礫岩をユニットBとよぶことにします。



問題(1)　ユニットA，ユニットBに属する地層は，それぞれ連続的に形成されたと考えられています。このような地層どうしの関係を何とよぶでしょうか。

問題⑵　玄武岩は，ユニット A の地層を切っています。このような貫入岩体を何とよぶでしょうか。

問題⑶　前ページの図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

☜　ここでの「前」とは，時間の流れの中での「前」〔古い時代〕を表します。現在から見た「手前」〔新しい時代〕ではありませんよ！

断層はユニット A の地層をすべて切っている。よって，断層はユニット A の地層よりも（前 / 後）に形成され，活動したものだと考えられる。

また，玄武岩はユニット A の地層だけでなく，断層も切っている。よって，玄武岩の貫入が起こったのは，ユニット A の地層の形成や断層の活動よりも（前 / 後）のことだと考えられる。

さらに，不整合面はユニット A の地層，断層，玄武岩をすべて切っている。よって，不整合面が形成されたのは，ユニット A の地層の形成, 断層の活動, 玄武岩の貫入よりも（前 / 後）のことだと考えられる。

問題⑷　⑶をふまえて，ユニット A，ユニット B，玄武岩，断層，不整合面の形成順序を推定し，古いものから新しいものの順に答えてください。

第 9 講　PART1　確認問題

問 1　地球で起こった過去のできごとの記録は，地層や岩石として残されている。地層や岩石のようすを調べることで，できごとが起こった順序を知ることができる。

堆積物は（　ア　）ものの上に（　イ　）ものが形成されるので，堆積後の変形がなければ，上にある地層ほど新しいと考えられる。このことを（　ウ　）の法則という。

連続的に堆積した上下の地層の関係を整合というのに対し，堆積が不連続な上下の地層の関係を（　エ　）という。

また，離れた場所の地層が同時期のものかどうかを調べるときに有用な地層を $_a$かぎ層といい，火山灰の層が用いられることが多い。

(1)　空欄ア～ウにあてはまる語の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ア：古い　イ：新しい　ウ：切った切られた
②　ア：古い　イ：新しい　ウ：地層累重
③　ア：新しい　イ：古い　ウ：切った切られた
④　ア：新しい　イ：古い　ウ：地層累重

(2)　空欄エにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　不整合　②　隆起　③　沈降　④　貫入

(3)　下線部ａに関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　広い範囲に短期間のうちに堆積した地層が適している。
②　広い範囲に長い期間をかけて堆積した地層が適している。
③　狭い範囲に短期間のうちに堆積した地層が適している。
④　狭い範囲に長い期間をかけて堆積した地層が適している。

(4)　マグマが地層とほぼ平行に貫入して固まった岩体を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　岩盤　②　岩脈　③　岩床　④　溶岩

< Note >

PART2 地質時代

目標　地質時代が何を基準にして，どのように区分されているかを説明できる

Chapter1　地質時代

1　地質時代

PART1 では，過去のできごとの順序を調べる方法について学びました。また，離れた地域の地層も同じ時代にできたかどうか調べる，つまり対比することができるということを学びました。

→　地球上のさまざまな地域の地層を対比して地球の歴史を調べると，どのようなことがわかってきたのでしょうか。

・**地質年代**

世界的にみて広い範囲で生物種が減少したり，新しい種が現れたりする現象が，これまでに何度も繰り返されてきた。そのため，産出する生物の化石の変化をおもな基準として，地球の年代は区分されている。これを地質年代という。

・**顕生代**

約５億４千万年前から現在までの地層からは生物の化石が多く見つかり，それらをおもな基準として地質年代を組み立てることができる。この時代を顕生代とよぶ。

顕生代は３つの代〔古生代，中生代，新生代〕に分けられており，それらの「代」はさらに「(紀 / 期)」という単位に分けられている。

・**先カンブリア時代**

約５億４千万年前よりも古い時代の地層からは，生物の化石がほとんど見つからない。そのため，ひとまとめにして「先カンブリア時代」とよばれることがある。

近年では生物の化石以外を用いた研究〔化学的な分析など〕がさかんに行われて理解も進んできており，３つの代〔冥王代，太古代，原生代〕に分けられている。

復習

示相化石と示準化石（中学理科）

示相化石……地層が堆積した環境を示す化石。特定の環境にしか生息しなかった生物が適する。

示準化石……地層が堆積した時代を示す化石。特定の時代にしか生息しなかった生物が適する。

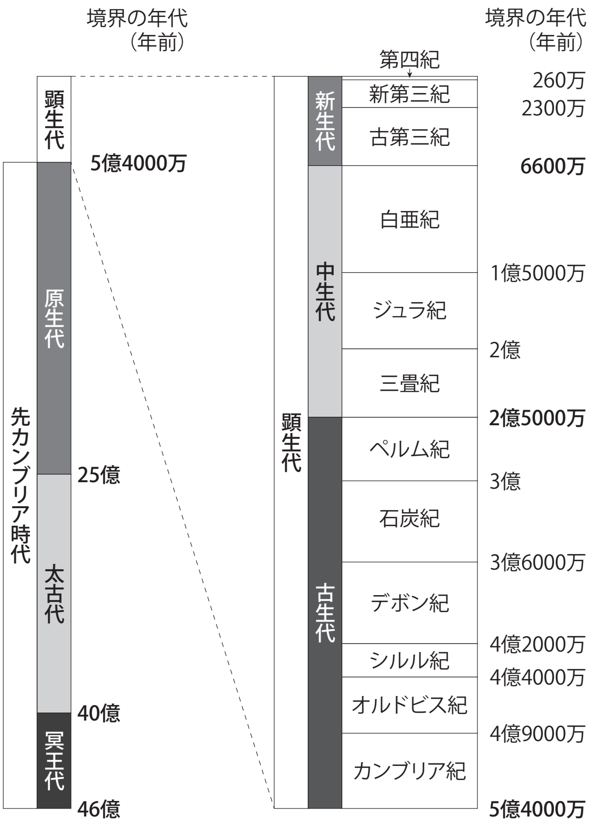
☞　つまり，示準化石を用いて世界中の地層を対比して，年代を区分しているということです！

知っておこう

数値年代

次のページの表には，代や紀の始まりや終わりが今から何年前かが示されています。これを数値年代といい，おもに放射性同位体で調べられます。

地質年代の区分はあくまで生物などが基準なので，研究が進むことで時代の境界の数値年代が変更されることもあるんですよ！



出典：International Commission on Stratigraphy

講師からのMessage

地質時代の区分は「代」「紀」だけではなく，それより細かい単位として「世」「期」というものもあります（地学基礎で覚える必要はありません）。

たとえば，第四紀は更新世と完新世に分けられており，さらに更新世は 4 つの期に分けられています。2020 年に命名されて話題となった「チバニアン (Chibanian)」は，第四紀更新世にある 4 つの「期」の 1 つです。あえてフルネームで表すと，「顕生代新生代第四紀更新世チバニアン期」ということですね！（長い……）

まとめ

地質時代は，産出する＿＿＿＿＿＿の変化をおもな基準として区分されている。

約 5 億 4 千万年前よりも前の時代をひとまとめにして呼ぶとき，これを＿＿＿＿＿＿＿＿という。この時代は大きく 3 つに分けられ，古い方から＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿，＿＿＿＿＿という。

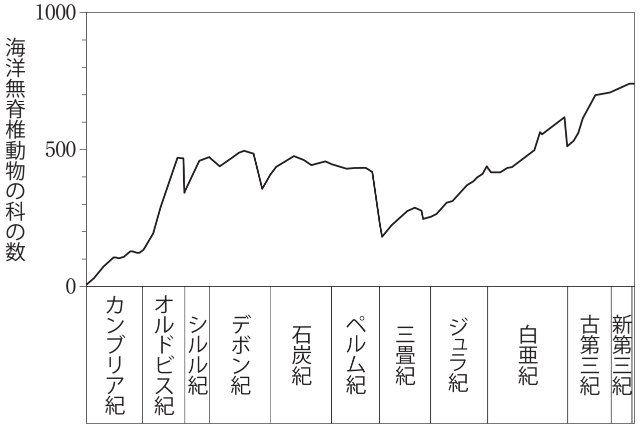
約 5 億 4 千万年前よりも新しい時代をまとめて＿＿＿＿＿という。この時代は 3 つの＿＿＿に分けられ，それらは＿＿＿という単位に分けられている。

Chapter2　演習問題

□　生物多様性の変動と地質年代区分

このPARTでは，産出する示準化石の変化をおもな基準として，地質時代が区分されているということを学びました。

ここでは，生物多様性の変動を表すグラフを用いて，顕生代における生物多様性の変動について見ていきましょう。



Sepkoski, J.J., Jr. (1997) "Biodiversity: Past, Present, and Future." J. Paleontol., 71(4), 533-539. から作成

問題(1)　上の図は，顕生代における生物多様性の変動を推定した一例で，海の無脊椎動物の「科」の数を示しています。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

この図の「科」の数が生物多様性を表していると考えると，生物多様性の増加した時期，生物多様性のあまり変化しなかった時期，生物多様性が急激に失われた時期があることが読み取れる。

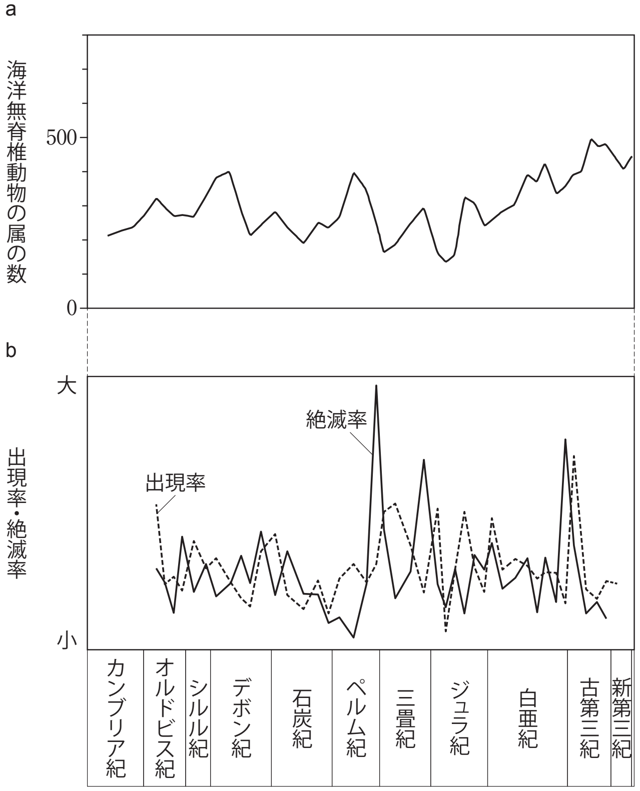
たとえば，（古生代 / 原生代）の初めのカンブリア紀からオルドビス紀にかけては生物多様性が増加しているが，途中に2回の谷をはさんでペルム紀まではあまり変化がみられない。ペルム紀の終わり，つまり（古生代 / 中生代）の終わりには，生物多様性が急激かつ大幅に失われた。

知っておこう

生物の分類階級

ドメイン，界，門，綱（こう），目（もく），科，属，種の順に細かい分類になります。

問題(2) 次の図の a は，顕生代における海の無脊椎動物の「属」の数の変動，b は海の無脊椎動物の「属」の出現率と絶滅率をそれぞれ推定した例を示しています。これらの図に関連して述べた下の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。



a：Alroy, J. (2010) "The shifting balance of diversity among major marine animal groups." Science, 329, 1191-1194. から作成
b：Alroy, J. (2008) "Dynamics of origination and extinction in the marine fossil record." PNAS, 105, 11536-11542. から作成

a の図で「属」の数が急激に減少した時期はいくつかある。特にペルム紀末，白亜紀末について b の図を見ると，絶滅率が上昇した時期の（直後 / 直前）に出現率が上昇している。よって，これらの時期には「属」の大きな入れ替わりが起こったと考えられる。

第９講　PART2　確認問題

問１　過去の地層を調べると，世界的に広範囲で生物種が減少したり，新しい種が現れたりする現象が，これまでに何度も繰り返されてきたことがわかる。そのため，地球の年代区分は，a産出する生物の化石の変化を主な基準としていて，これを地質年代という。地質年代は，約（　ア　）年前を境に，生物の化石が多く見つかっている（　イ　）と，生物の化石がほとんど見つかっていない b先カンブリア時代に大きく分けられている。

⑴　下線部ａに関して，このとき用いられる化石を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　示相化石　　②　示準化石　　③　動物化石　　④　植物化石

⑵　空欄アにあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　540 万　　②　5400 万　　③　５億４千万　　④　54 億

⑶　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　顕生代　　②　冥王代　　③　太古代　　④　原生代

⑷　空欄イの時代は，さらに３つの代に分けられている。そのうち，最も古い代を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　古生代　　②　新生代　　③　太古代　　④　原生代

⑸　下線部ｂの時代は，さらに３つの代に分けられている。そのうち，最も古い代を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　顕生代　　②　冥王代　　③　太古代　　④　原生代

< Note >

PART3 先カンブリア時代の地球環境

目標　先カンブリア時代の海洋環境と生物の進化について，それぞれ説明できる

Chapter1　先カンブリア時代の地球環境

1　地球の層構造や大気・海洋の形成

第８講では，微惑星が集まって原始惑星となり，それらの巨大衝突によって地球型惑星が形成されたことを学びました。

→　地球の層構造や大気・海洋はどのようにして形成されたのでしょうか？

・**原始大気**

微惑星に含まれていた H_2O や CO_2 が主成分となった。

・**マグマオーシャン**

巨大衝突や微惑星の衝突のエネルギー，さらに原始大気の温室効果によって地表面の温度は 1000℃を超え，原始地球を構成する物質の大部分がとけた。この原始地球表面の状態をマグマオーシャンという。このとき，原始惑星を構成していた物質は

密度の（大きな / 小さな）金属……中心部→核

密度の（大きな / 小さな）岩石……表層→マントル・地殻

に分離した〔→**地球の層構造**の形成〕。

・**原始海洋の形成と原始大気の変化**

微惑星の衝突が減って地表付近の温度が下がると，大気中の H_2O が雨として地表に降り注いだ。これによって，マグマオーシャンの表面は冷えて固まり地殻となった。H_2O は原始海洋を形成することで大気中から減少した。また，原始大気のうち比較的水に溶けやすい（N_2 / CO_2）は原始海洋に溶けたり，岩石と化学反応を起こしたりして，大気中から減少していった。

講師からのMessage

「微惑星から原始惑星ができるのなら，地球ができたときには微惑星はないのでは？」と疑問をもった人もいるかもしれません。

実際には，地球形成後も，原始惑星にならなかった微惑星が太陽系には多数残されていたと考えられています。そのため，地球が誕生してから数億年間は，微惑星の衝突がしばしば起こっていたとされているのです！

知っておこう

海の証拠

約 38 億年前に形成された枕状溶岩が発見されています。枕状溶岩は水中で形成されるので，遅くともこの頃には海があったと考えられています。

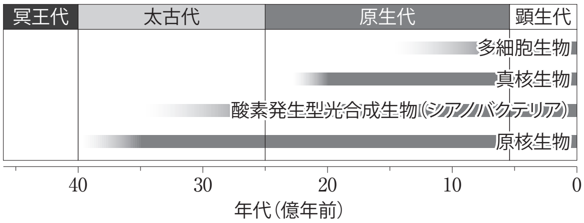
2　生物の誕生と大気の進化

第８講で学んだように，地球を特徴づけるものの１つは大気

中の O_2 です。しかし，原始大気の主成分は H_2O や CO_2 でした。

→　現在の大気の主成分に O_2 が含まれるのはなぜでしょうか？

・**生命の誕生と進化**



・**酸素発生型光合成のはじまり**

25 億年前前後には，いずれも縞状の構造をもつ

縞状鉄鉱層…………酸化鉄の層と SiO_2 を多く含む層からなる

←酸化鉄の形成に（O_2 / H_2）が必要

ストロマトライト…石灰質の層と細粒の砕屑物の層からなる

←シアノバクテリアが形成することが知られている

が形成された。そのため，この頃までには酸素発生型の光合成が始まり，大気中の O_2 がある程度増えていたと考えられている。

・**エディアカラ生物群**

約 6 億年前の地層から見つかる，多細胞生物の化石生物群。かたい殻をもたず平べったいが，最大で 1m を超えるものもある。クラゲやカイメンなどを除き，現在の生物との関係は不明なものが多い。

☞ 「原核生物」などの生物の分類や，光合成については第 12 講「地学基礎のための生物」で扱っています！

知っておこう

縞状鉄鉱層の利用

現在利用されている鉄資源の大部分は，縞状鉄鉱層のものです。オーストラリアは世界最大の鉄鉱石輸出国ですが，これも西オーストラリアに広く分布する縞状鉄鉱層がもとになっているんですよ！

知っておこう

全球凍結

先カンブリア時代は基本的に暖かい時代でしたが，原生代の初期〔約 23 億年前〕と後期〔約 7 億年前〕には寒冷な時期がありました。これらの時期には一時的に地球全体が氷に覆われたと考えられており，これを全球凍結とよびます。エディアカラ生物群が現れたのは，原生代後期の全球凍結の後のことです！

まとめ

地球の層構造は，高温で表面がとけた＿＿＿＿＿＿＿＿の状態を経験することで形成された。その後，原始大気の H_2O は原始海洋を形成して減少し，CO_2 も原始海洋に溶けることなどで減少した。

25 億年前前後の地層からは，酸化鉄を含む＿＿＿＿＿＿や，酸素発生型光合成を行う＿＿＿＿＿＿＿が形成する＿＿＿＿＿＿＿が発見される。そのため，この頃には大気中に O_2 が存在したとされる。

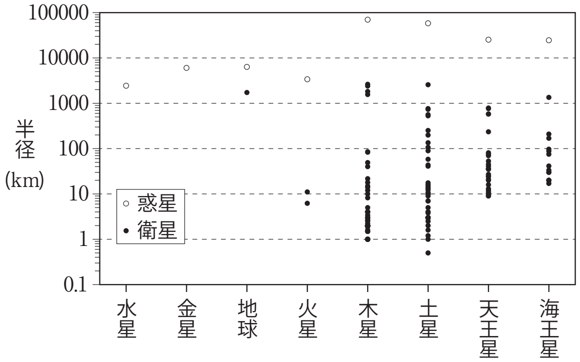
約 6 億年前の地層からは，かたい殻をもたない多細胞生物の化石生物群である＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿が発見されている。

Chapter2　演習問題

□　冥王代のできごとの調べ方

冥王代は，化石はもちろんのこと，岩石や鉱物の記録もほとんどない時代です。このような時代のできごとをどのようにして調べることができるのか，考えてみましょう。

問題(1)　次の図は，太陽系の惑星と衛星の半径を示したものです。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。



NASA の公開データ Planetary Fact Sheets から作成

この図からは，（地球型惑星 ／ 木星型惑星）の衛星の数が非常に多いことが読み取れる。また，地球の衛星である月は惑星の大きさに対して特に（大きい ／ 小さい）衛星であることがわかる。これは，月が巨大衝突によって形成されたとするジャイアント・インパクト説によって説明される。この説によると，原始地球が形成されたころに，その半分程度の大きさの原始惑星が衝突した。このとき大量の物質が地球の周りに飛び散って円盤をつくり，それが再び集まって月を形成したとされている。

復習

衛星（中学理科）

恒星以外の天体の周りを公転している天体を衛星といいます。

地球は月というただ 1 つの衛星，火星は 2 つの小さな衛星をもちますが，水星と金星は衛星をもちません。木星型惑星はいずれも 10 個以上の衛星をもつことが知られています。

講師からのMessage

たとえば，火星の衛星の半径は，火星の半径の 100 分の 1 以下しかありません。これらの衛星は，火星の周囲に近づいた小惑星が，火星の重力に引き寄せられて衛星となったものだと考えられています！

問題⑵　月の表面には多数のクレーター〔くぼ地〕があります。クレーターは，天体に他の小天体が衝突することで形成されます。このことに関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

地球は大気や液体の水をもつ惑星である。そのため，大陸地域にクレーターが形成された場合，（侵食作用 / 変成作用）を受けて形が失われてしまう。また，プレートテクトニクスがあるため，海洋地域にクレーターが形成された場合，プレートの沈み込みによってやがて地表から失われる。

一方，月は水星や火星と比べてもさらに小さな天体であり，大気や液体の水をもたない。そのため，月ができてから現在までのクレーターが多数残されている。これらのクレーターの多くは，地球や月ができてから数億年の間の，おもに（冥王代 / 原生代）に形成されたものだと考えられている。

地球と月はすぐ近くにある天体なので，月にクレーターが形成されていたころは，地球にもクレーターが形成されるような小天体の衝突が起こっていたと推測することができる。

知っておこう

太陽系小天体

太陽系形成時の直径 10km 程度の天体を微惑星とよぶことを学んでいます。

現在の太陽系において，微惑星と同程度の大きさの天体は次のように分類されます。

衛星……他の天体の周りを公転するもの。

彗星……氷を多く含み，尾をもつもの。

小惑星……成長しなかった小惑星や，原始惑星の破片など。ほとんどは火星と木星の間にある。

太陽系外縁天体……海王星より太陽から遠い天体。

第9講　PART3　確認問題

問１　約 46 億年前に地球が誕生してから顕生代が始まるまでの約 41 億年間は，生物の化石がほとんど見つかっていない先カンブリア時代とよばれる時代である。微惑星の衝突や原始大気の温室効果により非常に高温となり，a 原始地球を構成する物質の大部分がとけていた。その後，温度が下がり，大気中の水蒸気が雨となって原始海洋を形成し，地表面は冷えて固まって地殻となった。やがて，b 酸素発生型の光合成生物が出現した。この時代の大気中に酸素が供給された証拠と考えられているのが（　ア　）という地層である。先カンブリア時代の終わりごろにあたる約 6 億年前の地層からは，c かたい殻をもたない多細胞生物の化石が発見されている。

⑴　下線部 a について，この状態を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　クレーター　　②　ビッグバン　　③　マグマオーシャン　　④　マントル

⑵　下線部 b の生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　シアノバクテリア　　②　ストロマトライト
③　アノマロカリス　　④　フズリナ

⑶　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　チャート　　②　縞状鉄鉱層　　③　石炭　　④　タービダイト

⑷　下線部 c に関して，この多細胞生物の生物群の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ストロマトライト　　②　バージェス動物群
③　エディアカラ生物群　　④　アノマロカリス

< Note >

PART4 古生代・中生代の生物

目標　古生代と中生代における陸上植物と脊椎動物の進化について，それぞれ説明できる

Chapter1　古生代・中生代の生物

1　植物と大気の進化

PART3 で学んだように，先カンブリア時代にはシアノバクテリアが現れ，大気中の酸素濃度が現在の 100 分の 1 程度にまで上昇したと考えられています。そして，先カンブリア時代の終わりにはエディアカラ生物群の大型の生物も現れました。しかし，陸上に生物が進出したのは，顕生代に入ってからのことです。

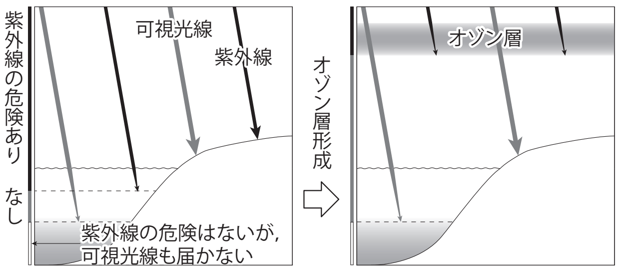
→　生物はなぜ陸上へと進出できるようになったのでしょうか？

・**生物と紫外線**

紫外線は生物の遺伝子に傷をつけ，正常な細胞分裂を妨げる。

・**オゾン層の形成と生物の上陸**

シアノバクテリアの酸素発生型光合成によって大気中の酸素〔O_2〕濃度が上昇するにしたがって，上空のオゾン〔O_3〕の量も増加した。（オルドビス紀 / ジュラ紀）の終わり頃には安定したオゾン層が形成され，生物が上陸しやすい環境になった。



・**石炭の形成**

デボン紀後期から石炭紀にかけては（コケ植物 / シダ植物）が大型化して，大森林を形成した。これらの遺がいが分解されずに埋没し，続成作用を受けて石炭となった。現在利用されている

復習

オゾン層（第 6 講）

成層圏に存在し，太陽からの紫外線を吸収しています。

講師からのMessage

この図は模式図なので，オゾン層形成後は地表に紫外線がまったく届かないように描きました。実際には，現在でも少量の紫外線が地表に届きます。人体への影響を小さくするには，日焼け止めやサングラスはもちろん，薄い長そでで肌を覆うことも有効ですよ！

石炭の多くは，この時代に形成されたものである。

2　動物の進化

PART3 では，先カンブリア時代の末期にエディアカラ生物群とよばれるかたい殻をもたない生物群が現れたことを学びました。

→　かたい殻や骨をもつ生物は，どのように進化したのでしょうか？

・**カンブリア紀の爆発的な多様化**

カンブリア紀には，かたい殻をもつさまざまな動物が現れた。現在の海洋生物の多くのグループがこの時期に出現したとされる。この頃の化石生物群としては，バージェス動物群などが知られている。

・**脊椎動物の進化**

オゾン層の発達したデボン紀には原始的な（両生類 / 爬(は)虫類）が陸上に進出した。哺乳類は，（三畳紀 / 古第三紀）に現れた。

☞　脊椎動物の分類については第 12 講「地学基礎のための生物」で扱っています！

まとめ

生物が陸上に進出できるようになった理由としては，大気中の酸素が増加して，成層圏に＿＿＿＿＿＿が発達したことが挙げられる。

最初の陸上植物はコケ植物である。その後発達したシダ植物は大森林を形成して，これが現在利用される＿＿＿＿のもととなった。

カンブリア紀にはかたい殻をもつ動物が多く現れた。その代表的な化石生物群に＿＿＿＿＿＿動物群がある。

＿＿＿＿紀には，原始的な両生類が陸上に進出した。最初の哺乳類が現れたのは，＿＿＿＿紀のことだと考えられている。

Chapter2　演習問題

□　生物の適応進化と共進化

古生代から中生代にかけて，さまざまな生物が誕生してきました。ここでは，その一部の例について考えてみましょう。

問題(1)　古生代のシルル紀からデボン紀にかけては，植物や動物が上陸しました。生物の陸上での生活に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。また，文章中の〔　　〕について，正しいものをすべて選んでください。

陸上では,水中と異なり浮力を得ることができない。つまり，自分の体を自分で支えなければならないので，陸上生活に適応した体のつくりをもつ必要がある。

植物の場合，維管束により体を支えている。維管束は，地中から吸い上げた水を通す管と，光合成によって生じた有機物を溶かしこんだ水を通す管の束である。維管束をもつ植物を維管束植物とよび，〔コケ植物 ／ シダ植物 ／ 裸子植物 ／ 被子植物〕をあわせたグループである。

動物の場合，四肢をもつことで体を支えている。初期の脊椎動物である無顎類や魚類は四肢をもたないが，原始的な両生類は（えら ／ ひれ）から進化した四肢をもつ。デボン紀の両生類はあまり陸上で生活していなかったが，（石炭紀 ／ 白亜紀）に入ると本格的に陸上で生活するものが現れたと考えられている。

講師からのMessage

もちろん，陸上生活のために必要なことは体を支えることだけではありません。酸素を取り入れることや，乾燥から身を守ることなどにも，水中の生物とは違った工夫が必要ですね！

問題(2)　裸子植物と被子植物に関連して述べた次の文章中の(　　)について，正しいものを選んでください。

裸子植物と被子植物をあわせて種子植物という。種子は低温や乾燥といった悪条件に強いため，種子植物はシダ植物と比べて陸上の広い地域に進出することができる。特に，種子がむき出しの状態となる裸子植物と比べて，種子が果実に包まれている被子植物は，悪条件に強い植物だといえる。

また，受粉させるために大量の花粉を風で飛ばさなければならない裸子植物と比べて，昆虫によって花粉を運ばせるしくみをもつ被子植物は，生殖の効率が良い。その代わり，そのようなしくみをもつためには，昆虫にとって魅力的な花をつくる必要があった。逆に，チョウやハチなどの昆虫も，花に合わせた体のつくりをとるように進化した。

鳥類や哺乳類にも植物の果実をえさとするものは多く，被子植物は脊椎動物の進化にも深くかかわっているといえる。つまり，被子植物は（石炭紀 ／ 白亜紀）に誕生してから，多くの動物とともに進化を続けてきた。このように，複数の生物が互いに影響を与えながら進化することを共進化という。

第 9 講　PART4　確認問題

問 1　古生代に入り，カンブリア紀には，a かたい殻をもったさまざまな動物が現れた。シアノバクテリアの光合成により大気中の酸素濃度が増えてくると，上空にオゾン層が形成された。これにより，太陽からの（　ア　）が吸収されるようになったので，b 生物が陸上に進出しやすくなった。古生代の石炭紀には，（　イ　）が大森林を形成し，これらの遺がいは現在利用されている石炭のもとになった。

(1)　下線部 a に関して，この頃の化石生物群として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ストロマトライト　　②　バージェス動物群
③　エディアカラ生物群　　④　イクチオステガ

(2)　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　赤外線　　②　紫外線　　③　可視光線　　④　X 線

(3)　下線部 b に関して，最初に陸上に進出した脊椎動物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　魚類　　②　両生類　　③　爬虫類　　④　哺乳類

(4)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　コケ植物　　②　シダ植物　　③　裸子植物　　④　被子植物

< Note >

PART5 大量絶滅

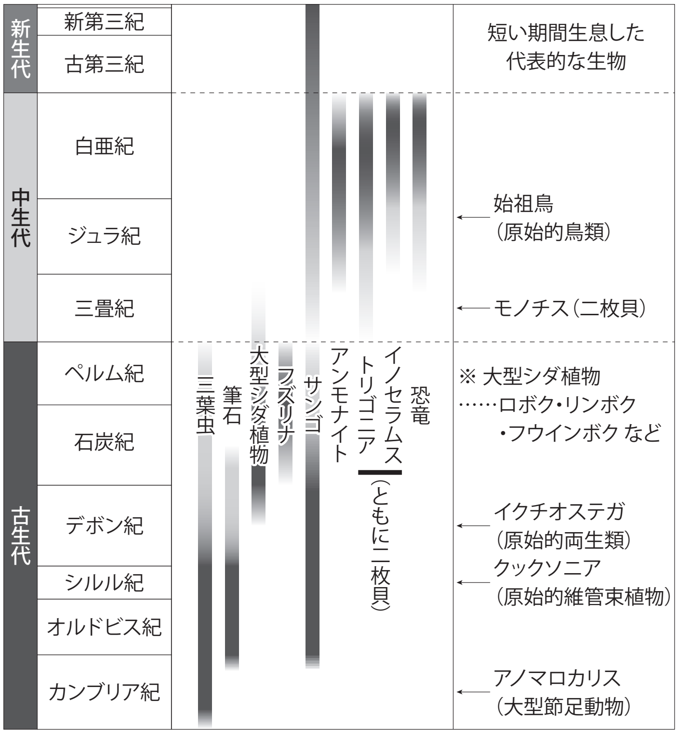
目標　古生代と中生代の代表的な示準化石を挙げるとともに，古生代末と中生代末の大量絶滅の特徴について説明できる

Chapter1　大量絶滅

1　古生代と中生代の示準化石

PART4 では，陸上植物や脊椎動物のグループに着目して，生物の進化のようすを確認しました。

→　無脊椎動物を含めて，古生代や中生代の代表的な生物としてはどのようなものがあるのでしょうか？



講師からのMessage

この図の生物のうちいくつかは，中学理科でも学んでいてなじみがあるのではないでしょうか。

教科書にはより多くの生物が載っていますが，すべてを一気に覚えようとすると大変です。まずは生物の移り変わりの大まかなようすをとらえてみてくださいね！

2　大量絶滅

前ページの図を見ると, 古生代の終わりや中生代の終わりでは, 多くの生物が同時に絶滅しているように見えます。PART2 の演習問題でも, これらの時期には「属」の大きな入れ替わりが起こったことを確認しましたね。

→　古生代や中生代の終わりには, 地球環境のどのような変化が起こったのでしょうか？

・**大量絶滅とは**

多くの生物種が短い期間に絶滅し, 生物多様性が減少すること。

・**古生代末の大量絶滅**

顕生代で最大規模の大量絶滅だとされる。原因は確実ではないが,

シベリアで大量の溶岩が噴出した

→大気中の CO_2 が増加して温室効果が強まった

→温暖化によって海洋表層の水温が上昇した

→海洋の深層循環が（強まった / 弱まった）

→海水中の O_2 が（増加 / 減少）した

ことなどが挙げられている。

・**中生代末の大量絶滅**

直径（10m / 10km）程度の小天体が地球に衝突したことで引き起こされた大量絶滅だとされる。メキシコのユカタン半島の地下に, このときのクレーターの痕跡が残されている。小天体の衝突が大量絶滅を引き起こしたことが確実視される唯一の例。

まとめ

代表的な示準化石：

古生代……三葉虫, 筆石, フズリナ（特に_____紀〜_____紀）

中生代……アンモナイト, イノセラムス, 恐竜

古生代末と中生代末には, 大量絶滅が起こった。

顕生代で最大規模の大量絶滅は_____代末のものであり, 原因はよくわかっていない。

小天体の衝突が大量絶滅を引き起こしたことが確実視されている唯一の例は, _____代末の大量絶滅である。

講師からのMessage

メキシコ湾がこのときに形成されたクレーターだと思っている人もいるようですが, それは違います。衝突でできたクレーターは直径約 200km で, メキシコ湾の端にできた小さな穴, という程度でしょうか。

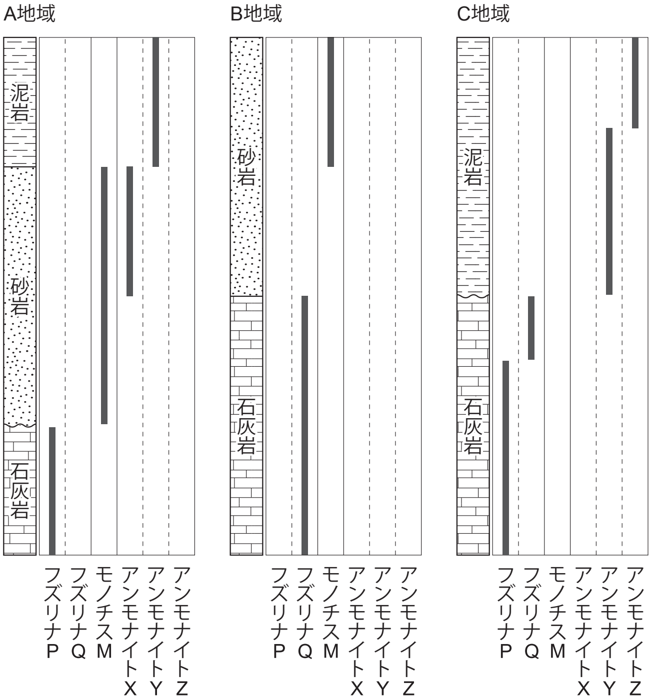
世界地図で見れば大したことのないように見える天体衝突でも, 生物にとっては大事件になるんですね！

Chapter2　演習問題

□　示準化石と地層の対比

PART1 では，地層の対比について学びました。PART2 で学んだように，世界中の地層は示準化石を用いて対比することができます。

ここでは，示準化石を用いた地層の対比がどのようにして行われるのか，模式的な例を用いて考えてみましょう。

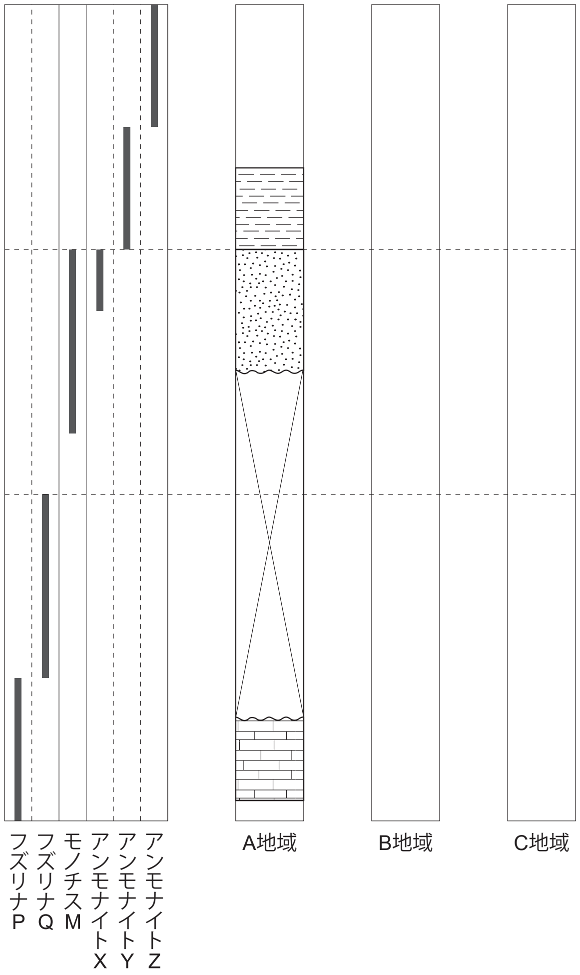


問題⑴　上の図は，ある３つの地域で得られた地層のようすを柱状図として示したものです。A 地域と C 地域では，石灰岩とその上の地層の間に侵食を受けた痕跡が確認されました。このように，堆積の中断をはさむ上下の地層の関係を何とよぶでしょうか。

問題⑵ これら３つの地域の地層の年代に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

示準化石をもとに考えると，これらの地域の石灰岩はいずれも（カンブリア紀～オルドビス紀 / 石炭紀～ペルム紀）の地層であり，砂岩はいずれも（三畳紀 / 古第三紀）の地層である。

問題⑶ 次の図は，示準化石をもとにして３つの地域の地層を対比しようとして作成している途中の図です。すでに記入されているところにならい，地層の境界や岩石を示す模様を記入してみましょう。なお，侵食によって失われているところには×印をつけてください。また，前ページの図から読み取れない部分は空白にしておきましょう。



講師からのMessage

前ページの図の情報だけから，それぞれの地域の地層がどこにあたるのかを正確に知ることはできません。わかる範囲で描いてみてくださいね！

第９講　PART5　確認問題

問１　約５億４千万年前からの顕生代に入ると，かたい殻や骨格をもち，a化石として残りやすい生物が出現してきた。顕生代の地層に見られる化石から，b地球全体で短期間のうちに多くの種が絶滅した時期が何回かあったことがわかっている。

⑴　下線部ａに関して，古生代の示準化石として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　三葉虫　②　フズリナ　③　アンモナイト　④　筆石

⑵　下線部ａに関して，中生代の示準化石として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　イノセラムス　②　三葉虫　③　筆石　④　フズリナ

⑶　下線部ｂに関して，顕生代で最大規模の大量絶滅が起こった時期として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　先カンブリア時代末　②　古生代末　③　中生代末　④　新生代末

⑷　下線部ｂに関して，小天体の衝突で大量絶滅が起こったと考えられている時期として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　先カンブリア時代　②　古生代　③　中生代　④　新生代

⑸　⑷の大量絶滅によって絶滅した生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　サンゴ　②　三葉虫　③　シダ植物　④　恐竜

< Note >

PART6 新生代の生物

目標　新生代の代表的な示準化石を挙げるとともに，人類の進化について説明できる

Chapter1　新生代の生物

1　新生代の地球環境と生物

PART4とPART5では，古生代から中生代までの生物の移り変わりについて学びました。

→　新生代のどのような環境変動を経て，地球は現在のような環境になったのでしょうか？

・古第三紀

浅い海ではヌンムリテス〔貨幣石〕が繁栄した。

陸上では（裸子植物 / 被子植物）や（爬虫類 / 哺乳類）が繁栄した。現在も生息するメタセコイアは，この時代に繁栄した針葉樹であり「生きた化石」とよばれる。

・新第三紀

熱帯性の汽水域では巻貝のビカリアが繁栄した。北太平洋の沿岸域からは，哺乳類のデスモスチルスの化石が産出する。

・第四紀

氷期と間氷期が繰り返された。特に寒冷化が進んだ第四紀の後半には，約（1000年 / 10万年）周期で氷期が訪れた。現在はこれらのうち（氷期 / 間氷期）にあたる。

氷期……氷床〔大陸を覆う大規模な氷河〕が発達し，海水面が（上昇 / 低下）する。

間氷期…氷床が少なくなり，海水面が（上昇 / 低下）する。

海水面が最も低かった時期には海面が現在より最大で100m以上低く，大陸と日本列島の間などで生物が行き来していた。ナウマンゾウも，大陸から渡ってきた生物の1種だとされている。

知っておこう

有孔虫

石炭紀～ペルム紀に繁栄したフズリナと，古第三紀に繁栄した貨幣石には共通点があります。どちらも，底生有孔虫とよばれる生物のグループなのです。

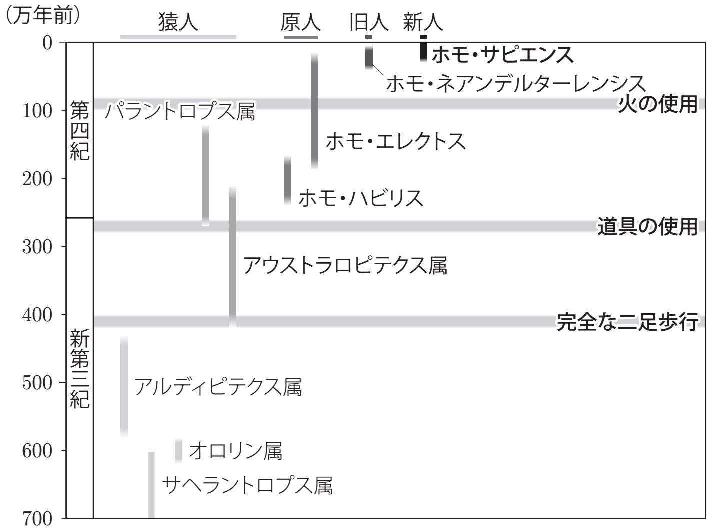
底生有孔虫は現在も生息していて，沖縄のおみやげでも有名な星砂は，底生有孔虫の殻が集まったものです。

フズリナと貨幣石も，ともに温暖で浅い海の生物だったと考えられているんですよ！

2 人類の進化

私たち人類は，哺乳綱霊長目(れいちょうもく)ヒト科ホモ属の現存する唯一の種です。霊長目はサル目ともよばれ，ニホンザルやチンパンジーなども含むグループですね。

→ 哺乳類は新生代に繁栄したことを学びましたが，人類が現れたのはいつごろでしょう？　また，人類とは何者なのでしょうか？



・**人類の特徴**

直立二足歩行を行うことで手が自由になった。

また，脳が大型化して道具や火を使用するようになった。

約（1 / 100）万年前からは農耕・牧畜を行い，安定的な食料確保が可能になった。

講師からのMessage

ここに描かれているグループどうしは，となり合ったものに直接進化したとは限らない，ということに注意しましょう。

たとえば，ホモ・ネアンデルターレンシスとホモ・サピエンスは共通の祖先から分かれたものであり，ホモ・ネアンデルターレンシスがホモ・サピエンスに進化したものではないようです！

知っておこう

人類発祥の地

人類が類人猿から分かれたのはアフリカだと考えられています。猿人はすべてアフリカに生息しました。

アフリカ大陸から初めて出たのはホモ・エレクトスで，北京原人やジャワ原人などが知られています。

なお，ホモ・サピエンスも発祥の地はアフリカで，その後全世界に広がったと考えられています！

まとめ

新生代の代表的な示準化石：

古第三紀……ヌンムリテス，新第三紀……__________〔巻貝の一種〕

第四紀……ナウマンゾウ

最初の人類は，________紀にあたる約 700 ～ 600 万年前に現れた。

人類は__________を行うことで手が自由になった。

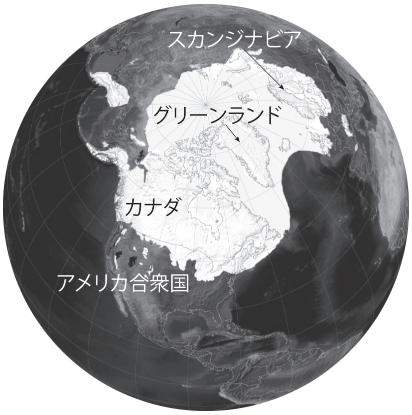
また，脳が大型化して道具や火を使用するようになった。

現在の人類の種は，地域によらず____________である。

Chapter2　演習問題

□　氷床と海水面の変動

過去約 260 万年間の第四紀は，氷期と間氷期がくり返された時代です。講義では氷床の量の変化で海水面が変化することを学びましたが，一部の地域に氷ができたくらいでそんなに海水面は変化するものでしょうか。実際に大まかな計算を行ってみましょう。



NOAA Climate.gov から作成

問題(1)　上の図は，現在から 19000 年前の北半球のようすを推定したものです。現在も氷に覆われているグリーンランドに加えて，スカンジナビア〔北欧〕やカナダ全域，さらにアメリカ合衆国の一部まで氷に覆われていたことがわかります。この北アメリカを覆う氷床をローレンタイド氷床といいます。

ここでは簡単のため，ローレンタイド氷床がカナダのちょうど全域を平均の厚さ 2800m で覆っていたとします。カナダの面積が 1000 万 km^2〔$1.0 \times 10^7 km^2$〕であることから，ローレンタイド氷床の体積は何 km^3 か求めましょう。

講師からのMessage

約 19000 年前は，現在に最も近い氷期にあたります。この氷期を最終氷期とよびます。

北半球に大規模な氷床が形成されていたことがこの時期の特徴ですが，シベリアを含む東アジアには大規模な氷床が発達しませんでした。ただし，山岳地帯の氷河は現在より発達しており，日本でもその痕跡が北海道や中部地方の山岳などでみられます！

問題⑵　⑴の氷がとけたとき，体積が 0.92 倍になるものとします。すべての氷が溶けたとき，できた水の体積は何 km^3 か求めましょう。結果は上から 3 桁目を四捨五入して，上から 2 桁の概数で答えましょう。

問題⑶　地球の表面積は 5 億 1000 万 km^2〔$5.1 \times 10^8 km^2$〕です。海の面積がその 70% だと考えて，海の表面積は何 km^2 か求めましょう。結果は上から 3 桁目を四捨五入して，上から 2 桁の概数で答えましょう。

ここがPOINT

70% を分数で表すと $\frac{70}{100}$，小数で表すと 0.7 ですよ！

問題⑷　⑵と⑶の結果を用いて，ローレンタイド氷床がすべてとけることによって海面が何 m 上昇したか求めましょう。結果は上から 3 桁目を四捨五入して，上から 2 桁の概数で答えましょう。

第 9 講　PART6　確認問題

問 1　新生代に入り，a 古第三紀には，陸上で被子植物や哺乳類が繁栄した。次の b 新第三紀の北太平洋沿岸域にはデスモスチルスが生息し，その化石はこの時代の示準化石になっている。また，約 700 ~ 600 万年前に c 人類がアフリカで誕生した。人類は，直立二足歩行により手を自由に使えるようになり，(　ア　) の大型化によって，道具や火を利用するようになった。現在を含む第四紀は，d 氷期と間氷期が繰り返された。氷期には海水面が下がって日本列島は大陸と陸続きになり，多くの生物が日本列島に渡ってきた。

(1)　下線部 a に関して，この時代の示準化石として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　フズリナ　　②　貨幣石（ヌンムリテス）　　③　筆石　　④　ナウマンゾウ

(2)　下線部 b に関して，この時代の示準化石であるビカリアの生息域として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　熱帯性の汽水域　　②　熱帯性の浅い海
③　温帯性の汽水域　　④　温帯性の浅い海

(3)　下線部 c に関して，現生のヒトは何という種か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ホモ・ハビリス　　②　ホモ・エレクトス
③　ホモ・サピエンス　　④　ホモ・ネアンデルターレンシス

(4)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　肺　　②　手　　③　眼　　④　脳

(5)　下線部 d に関して，第四紀の後半には氷期は約何年周期で訪れたか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1000 年　　②　1 万年　　③　10 万年　　④　100 万年

< Note >

PART7 地球環境の進化と変動

目標 地球史における大気中の二酸化炭素や酸素の変動を，生物の進化と関連付けて説明できる

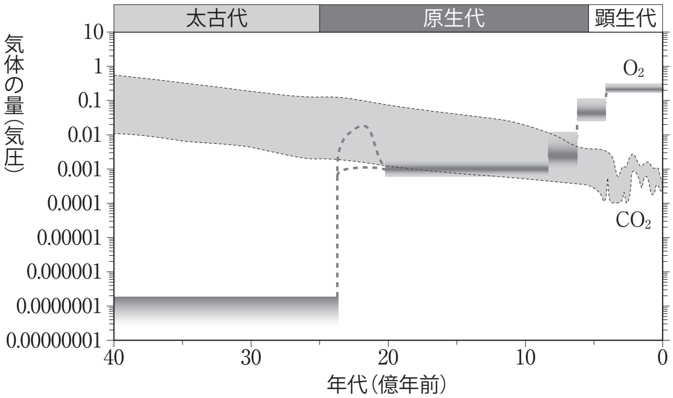
Chapter1　地球環境の進化と変動

1　地球環境の変動と生物

第９講では，地球史におけるさまざまなできごとについて学びました。個別の生物などに目を向けていくと，全体の流れがわかりにくくなってきますね。

→　地球の 46 億年の歴史を，改めておさらいしてみましょう！

・**地球史を通した酸素・二酸化炭素の変動**



※

→　O_2 は，（シアノバクテリア / シダ植物）が出現して少し経った原生代初期と，原生代後期～顕生代初期に大きく上昇した。

CO_2 は，大まかにいえば少しずつ減少してきた。

・**顕生代を通した酸素・二酸化炭素の変動と気温の変化**

O_2 が（増加 / 減少）すると同時に CO_2 が（増加 / 減少）している期間は，光合成植物の繁栄が進んだと考えられる。これは，次ページの図の（デボン紀から石炭紀 / 白亜紀から古第三紀）にみられ，（シダ植物 / 被子植物）が繁栄した時期にあたる。この時期には，温室効果が（強まって / 弱まって），気温は（上昇 / 低下）した。

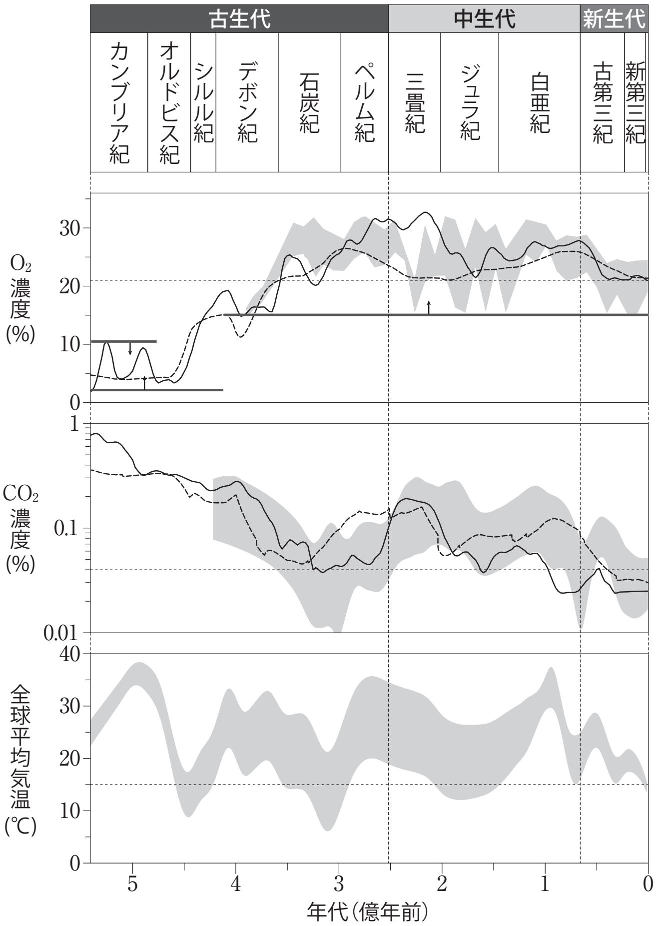
知っておこう

炭素はどこへ消えた

大気中から失われた炭素はどこへ消えたのでしょうか？　一時的に海洋に溶け込ませることはできても，やがて深層循環が１周すると大気中に戻ってきてしまいますよね。

答えは，堆積物となり，海洋プレートの沈み込みによってマントルへと運び去られたと考えられています。その一部は火山ガスとして大気に戻ってきますが，残りはマントル深部へと沈み込んでいったのです。

※
Catling, D. C. and K. J. Zahnle (2020) "The Archean atmosphere." Science Advances, 6:eaax1420. から作成



図の説明

O_2 濃度と CO_2 濃度：

実線と破線は，異なる数値モデル〔コンピューターシミュレーション〕の結果を示します。また，灰色の範囲は地層の分析から得られた推定値の範囲です。O_2 濃度の図中の矢印は，上限や下限が地層の分析から推定されていることを示します。

全球平均気温：

灰色の範囲は地層の分析から得られた推定値の範囲です。

→　全球平均気温は，ほとんどの期間で現在より高かった。また，気温は CO_2 と似たような変化の傾向を示す。

特に温暖だったことが確実視されているのが白亜紀で，この時期には高緯度の海水まで暖かかったことが知られている。温暖な環境に生息する底生有孔虫の（フズリナ / ヌンムリテス）が繁栄したペルム紀後期や（フズリナ / ヌンムリテス）が繁栄した古第三紀前期も，温暖な時期だったと考えられている。

反対に，特に寒冷化したオルドビス紀，石炭紀，第四紀には，高緯度の大陸に氷床が発達した。

まとめ

地球史上，O_2 は段階的に増加，CO_2 は少しずつ減少してきた。顕生代の気温は基本的に現在より高かった。例外的に寒冷化したオルドビス紀，＿＿＿紀，第四紀には，大陸に氷床が発達した。

知っておこう

草原と哺乳類

古第三紀から現在にかけては，大まかにいえば寒冷化してきました。この寒冷化にともなって大陸では乾燥化が起こり，森林に代わってイネ科の被子植物などによる草原が発達しました。草原に生息する哺乳類が多様化したのはこの時期です！

Chapter2　演習問題

□　炭素のつり合い

デボン紀から石炭紀にかけては，大型のシダ植物が繁栄したために大気中の O_2 が増加，CO_2 が減少しました。植物は光合成を行うから，それは当たり前……かというと，実はそういうわけでもありません。地球の表層における炭素のつり合いについて，少し考えてみましょう。

問題(1)　シダ植物は，光合成によって自分自身の体のもととなるデンプンをつくっています。デンプンを消費する呼吸も行っていますが，一生の間でみると正味で次のような光合成の反応を行っているといえます。

光合成　$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

一方，そのシダ植物が死ぬと，土壌中では微生物がシダ植物の遺がいを分解します。これは，微生物が酸素を用いてエネルギーを得る呼吸の反応で，次のように表されます。

呼吸　$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$

これらのことを説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

シダ植物が光合成によって 1 分子のグルコースをつくるとき，大気中に（1 ／ 6）分子の O_2 を放出する。また，微生物が呼吸のために 1 分子のグルコースを消費するごとに（1 ／ 6）分子の O_2 を消費する。

CO_2 についても同じように考えることができる。シダ植物が光合成によって 1 分子のグルコースをつくるとき，大気中から（1 ／ 6）分子の CO_2 を消費する。また，微生物が呼吸の

講師からのMessage

「この人つり合い好きだなぁ」と思ったかもしれません。でも，「収支のつり合い」というのは，気象分野，そして地学基礎に限ったことではなく，どこでも使える考え方ですよ！

☞　光合成や呼吸の化学反応式は「生物」で学習するもので，どちらも生物の中の複数の化学反応をまとめて表したものです。

ために 1 分子のグルコースを消費するごとに，（1 / 6）分子の CO_2 を放出する。

問題⑵　⑴をふまえて，光合成と呼吸による大気の変化に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

シダ植物の遺がいが微生物によって完全に分解されるとすれば，シダ植物が大気中に放出した O_2（と同じ / の 6 倍の）量の O_2 が，微生物によって大気中から消費される。つまり，大気中の O_2 の量は（変化しない / 減少する）。

また，シダ植物の遺がいが微生物によって完全に分解されるとすれば，シダ植物が大気中から吸収した CO_2（と同じ / の 6 倍の）量の CO_2 が，微生物によって大気中に放出される。つまり，大気中の CO_2 の量は（変化しない / 増加する）。

問題⑶　⑴，⑵をふまえて，デボン紀から石炭紀にかけての大気の変化に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

この時期に大気中の O_2 が増加し，CO_2 が減少したということは，シダ植物の遺がいが分解され（やすかった / にくかった）ということに対応すると考えられる。つまり，シダ植物の光合成によって生成されるグルコースよりも，微生物の呼吸によって消費されるグルコースの方が少なかったと推定できる。これは，大型のシダ植物のもつかたい組織を分解できる微生物が，この時代にはまだ出現していなかったことと関係していると考えられている。分解されずに残った遺がいは，地下で（続成作用 / 変成作用）を受けて（石油 / 石炭）となった。

第 9 講　PART7　確認問題

問 1　地球史を通した大気中の酸素と二酸化炭素の濃度に注目すると，a酸素は段階的に増加し，二酸化炭素は（　ア　）してきた。また，気温は，顕生代のほとんどの期間を通して，b現在よりも高かった。

(1)　下線部 a に関して，原生代初期に酸素の増加をもたらした生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　コケ植物　②　被子植物　③　シアノバクテリア　④　シダ植物

(2)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　増加　②　一定の濃度を維持

③　減少

(3)　下線部 b に関して，特に気温が高かったと考えられている時期として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　デボン紀　②　三畳紀　③　ジュラ紀　④　白亜紀

(4)　顕生代において，例外的に寒冷化した時期として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　オルドビス紀　②　石炭紀　③　ジュラ紀　④　第四紀

< Note >

第 10 講　現在の地球環境の変動
PART1 エルニーニョ現象

目標　エルニーニョ現象発生時の大気と海洋の状態について説明できる

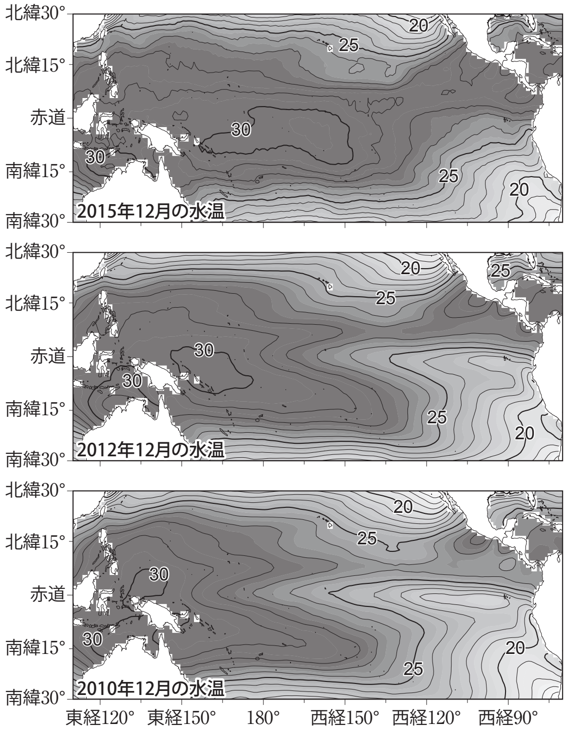
Chapter1　エルニーニョ現象

1　自然と生じる大気と海洋の変動

第 7 講では，地球の大気と海洋の平均的な状態について学びました。また，第 9 講では，その「平均的な状態」自体が過去 46 億年間にさまざまな変動を経験してきたことを学びました。しかし，日々の天気からもわかるように，地球の状態というのはつねに「平均的な状態」に保たれているわけではありません。

→　現在の地球上で自然と生じている変動にはどのようなものがあるでしょうか？

・**赤道太平洋の水温分布の変動**



※

→赤道太平洋の海水温分布が年単位で変動している！

講師からのMessage

たとえば，1 日の平均気温が 15℃だったとしても，昼と夜では気温が違っていて，1 日中 15℃だというわけではありません。同じように，1 年の平均気温に対して，夏と冬では気温が変化しますよね。

それと同じことは，さまざまなスケールで言えます。数十年の平均をとってみれば，その中では数年周期の変動が生じている。そんなものを，この PART では見ていきます！

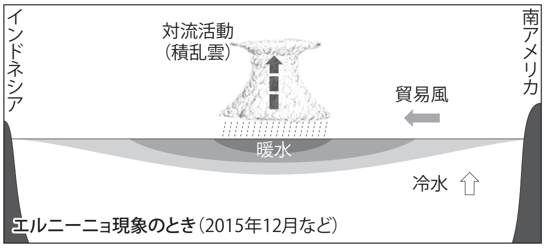
※出典：
気象庁ウェブサイト

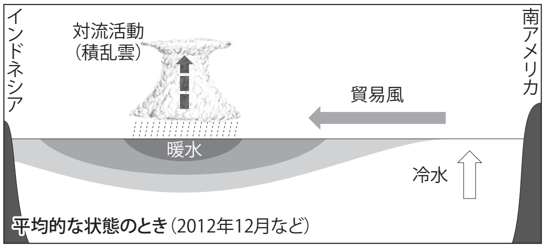
・ **エルニーニョ現象とラニーニャ現象**

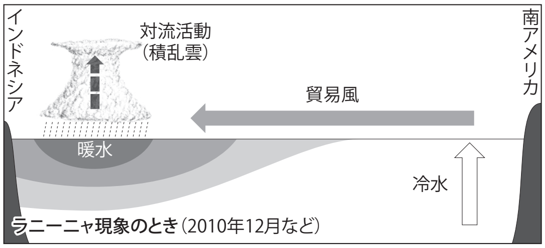
赤道太平洋東部の水温が平均的な状態と比べて高くなり，その状態が（1 か月 / 1 年）程度続く現象をエルニーニョ現象という。

反対に，赤道太平洋東部の水温が平均的な状態と比べて低くなり，その状態が（1 か月 / 1 年）程度続く現象をラニーニャ現象という。

どちらの現象も数年に 1 回程度発生する自然現象であり，赤道から離れた世界各地の気象にも影響を与える。







まとめ

赤道太平洋東部の水温が平均的な状態より高くなり，その状態が 1 年程度続く現象を＿＿＿＿＿＿＿＿という。

反対に，赤道太平洋東部の水温が平均的な状態より低くなり，その状態が 1 年程度続く現象を＿＿＿＿＿＿＿＿という。

これらの現象は数年に 1 回程度発生する自然現象であり，赤道から離れた世界各地の気象に影響を与える。

知っておこう

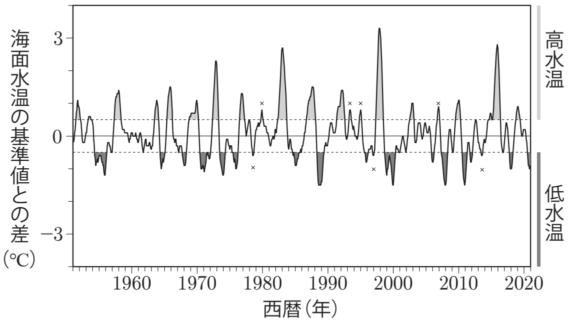
対流活動と積乱雲

ここでの対流活動とは，熱帯収束帯における雲の発生を指します。熱帯収束帯では上昇気流が強いため，対流圏の下層から圏界面に達するような背の高い雲が形成されます。この雲は積乱雲とよばれ，降水の原因となる雲です。

Chapter2　演習問題

□　エルニーニョ現象と日本の気象

エルニーニョ現象は，赤道太平洋はもちろんのこと，日本列島などさまざまな地域の気象にも影響を与えます。そこで，今回の演習問題では，エルニーニョ現象と日本の気象について考えてみましょう。



出典：気象庁ウェブサイト

問題⑴　まず，エルニーニョ現象の特徴を確認しましょう。上の図は，1951 年から 2020 年までの 70 年間について，赤道太平洋東部における 1 か月平均の海面水温の変動を示したものです。ただし，縦軸は海面水温の基準値との差を表していて，基準値はそれぞれの月から見て直前 30 年の同じ月の平均値です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

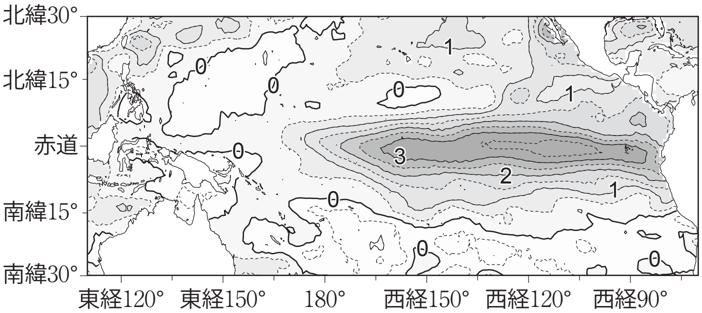
図の縦軸の値が 0.5 を半年以上連続して上回ったり，−0.5 を半年以上連続して下回ったりしたとき，気象庁はエルニーニョ現象やラニーニャ現象が発生したと認定する。図中の×印は，「半年以上連続して」という条件を満たさなかったために認定されなかったことを示している。

これらのことから，1951 年から 2020 年までの 70 年間にエルニーニョ現象は（16 回 / 31 回）起こっており，エルニーニョ現象が始まってから次のエルニーニョ現象が始まるまでの間隔は平均約（0.2 / 0.4 / 2 / 4）年であることが

☜　つまり，たとえば 2001 年 1 月の「海面水温の基準値との差」を計算するときには 1971 年～ 2000 年の 1 月の海面水温の平均値を基準値としています。

「よくわからん……」と思った人は，とりあえず「平均値との差」と考えてください！

わかる。



出典：気象庁ウェブサイト

問題(2)　上の図は，ある年の12月の赤道太平洋における海面水温から直前30年間の12月の海面水温の平均値を引いた値を表したものです。このとき，エルニーニョ現象とラニーニャ現象のうちどちらが起こっているでしょうか。判断の理由とともに答えましょう。

問題(3)　エルニーニョ現象と日本の気象に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　エルニーニョ現象が発生しているときを平均的な状態と比べると，赤道太平洋において貿易風は（強く ／ 弱く），海面水温の高い場所は（東 ／ 西），対流活動の活発な場所は（東 ／ 西）にずれている。このとき，インドネシア付近での上昇気流が平均的な状態よりも（強い ／ 弱い）ため，その北側の亜熱帯高圧帯の勢力もやはり（強く ／ 弱く）なりやすい。よって，エルニーニョ現象が発生しているとき，日本列島の夏は（冷夏 / 猛暑）となる傾向がある。

講師からのMessage

　エルニーニョ現象の語源について豆知識をご紹介しましょう。
　南アメリカのペルーやエクアドルでは，数年に一度海水温が高くなる現象が知られていました。その起こる時期がクリスマス頃であることから，この現象には英語での the boy に相当するスペイン語の El Niño という名前が付けられました。el は定冠詞で，これがついているので「(神の子）キリスト」という特定の男の子を指すわけです。
　なお，La Niña は El Niño の対になる単語として名づけられたもので，英語の the girl に相当します。スペイン語などヨーロッパの多くの言語は，名詞の種類（「性」といいます）によって定冠詞が異なるんですよ！

第10講 PART1 確認問題

問1　エルニーニョ現象は,（　ア　）に一度, 赤道太平洋東部の海面水温が平年に比べて高くなる現象である。エルニーニョ現象発生時には,（　イ　）が何らかの原因で弱まっており, 暖水層が赤道太平洋東部に広がり, 深海からの冷水の上昇が弱まっている。逆に,（　イ　）が平年より強まり, 赤道太平洋東部の海面水温が平年より低くなる現象をラニーニャ現象という。

エルニーニョ現象とラニーニャ現象は赤道から離れた地域の気象にも影響を与える。エルニーニョ現象が起こっているとき, 赤道太平洋西部の上昇気流が平年とくらべて（　ウ　）, 日本の夏は（　エ　）となる傾向がある。

(1) 空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 数年　② 数十年　③ 数百年　④ 数千年

(2) 空欄イにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 偏西風　② 貿易風　③ 季節風　④ 海陸風

(3) 空欄ウ・エにあてはまる語の組合せとして最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① ウ　弱く　エ　猛暑
② ウ　弱く　エ　冷夏
③ ウ　強く　エ　猛暑
④ ウ　強く　エ　冷夏

< Note >

PART2 地球温暖化

目標　地球温暖化の原因や，気温上昇の特徴について説明できる

Chapter1　地球温暖化

1　人間活動によって生じる大気と海洋の変動

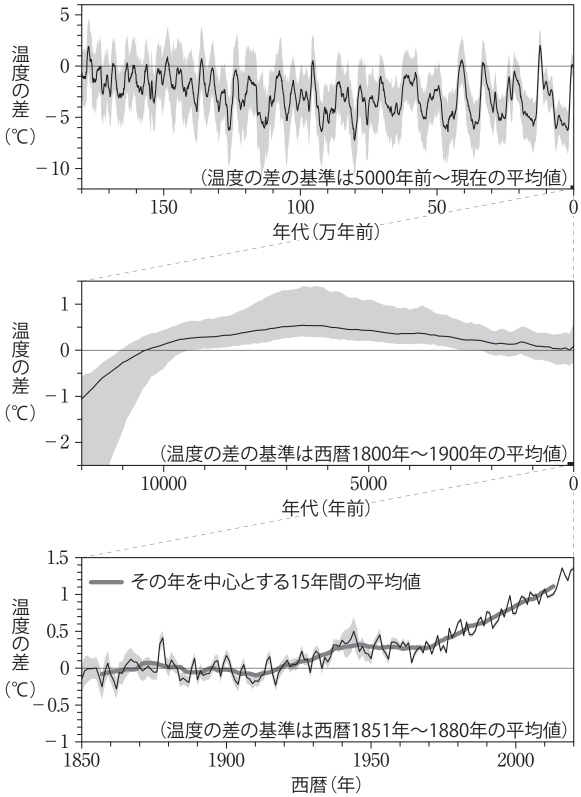
PART1 では，エルニーニョ現象について学びました。これは，人間活動がなかったとしても自然と生じる大気と海洋の変動の例です。

→　人間活動は，地球の気候に影響を与えているのでしょうか？

・**第四紀の気候変動**

天文学的な原因〔地球の軌道の変化などによる日射量の変動〕により，氷期と間氷期がくり返されてきた。現在に最も近い氷期〔最終氷期〕が終わったあと，現在までに一度現在より暖かくなっている。

過去 100 年間に約（0.1℃ / 1℃ / 10℃）という急激な温暖化は，天文学的には説明できない。



※

講師からのMessage

上の２つの図は化石などを分析すること，一番下の図は実際に観測することでそれぞれ得られた過去の温度の情報をもとに，統計的な処理を行った結果を描いたものです。

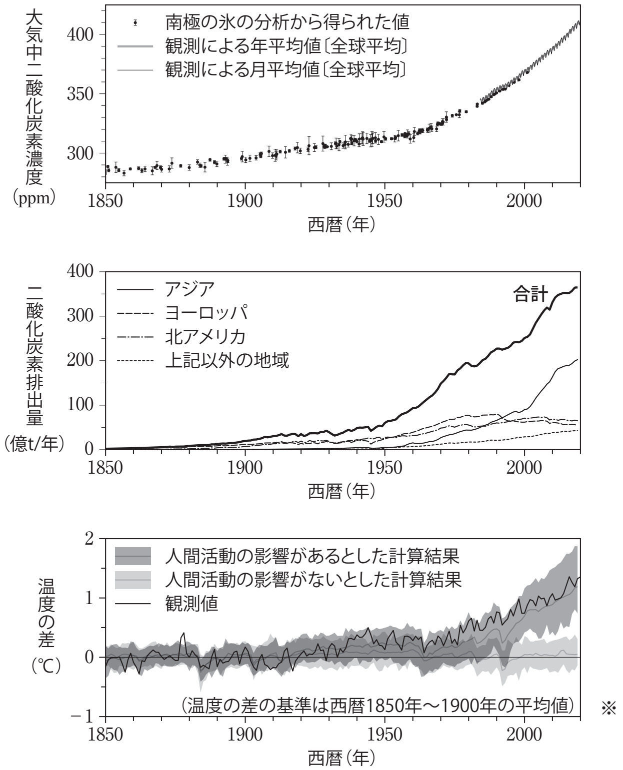
なお，灰色の部分は統計的に 95% の確率で入ると考えられる温度の差の範囲を表しています。たとえば一番下の図であれば，観測点が増えてデータの信頼性が高くなることで，現在に近いほど灰色の部分の範囲が狭くなる〔現在は幅がほとんど見えない〕ようすがわかりますね！

※出典：
Snyder，C.W.（2016），NOAA（アメリカ海洋大気庁），Berkeley Earth などの公開データから作成

・大気中の CO_2 の増加

大気中の CO_2 濃度と人間活動による大気中への CO_2 排出量は，過去 150 年にわたっていずれも大幅に上昇している。

IPCC が 2021 年に公表した第 6 次報告書では，「人間の影響が大気，海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」とされている。



人間活動の影響があるとすれば現在の温暖化が説明でき，ないとすれば現在の温暖化は説明できない。

→　温暖化は人間活動にともなう温室効果ガスの排出が主要な原因だと考えられる。

まとめ

地球は，過去 100 年間で約 1℃温暖化した。この主要な原因は，人間活動による CO_2 などの＿＿＿＿＿＿＿＿の排出だと考えられている。

知っておこう

ppm

PARTs per million〔百万分率〕。

$$\frac{400}{100万}=\frac{4}{10000}=\frac{0.04}{100}$$

なので，400ppm は 0.04% と同じです。

温室効果ガスの濃度は ppm で表されることも多いので，ぜひ覚えておきましょう！

知っておこう

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change〔気候変動に関する政府間パネル〕。世界気象機関と国連環境計画によって 1988 年に設立されました。

IPCC は，出版された論文をもとに，気候変動に関する最新の情報をとりまとめます。

IPCC の報告書は，各国政府の政策の科学的な基礎となることを目的として作成されています。この報告書は，「何がどの程度確からしいか」を示していることが特徴的です。

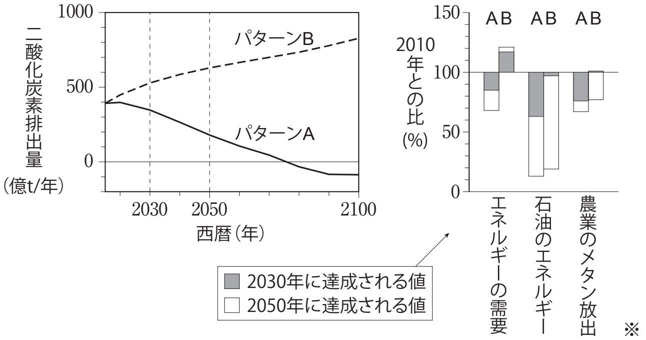
※出典：
NOAA，WMO WDCGG（世界気象機関 温室効果ガス世界資料センター），Our World in Data，IPCC などの公開データから作成

Chapter2　演習問題

□　21世紀の人間活動と温暖化

20 世紀には，人間活動の影響で温暖化が起こりました。21 世紀にはどうなるのでしょうか？

今回の演習問題では，現在予測されている 21 世紀の人間活動と温暖化について確認してみましょう。



※出典：
IPCC の公開データから作成

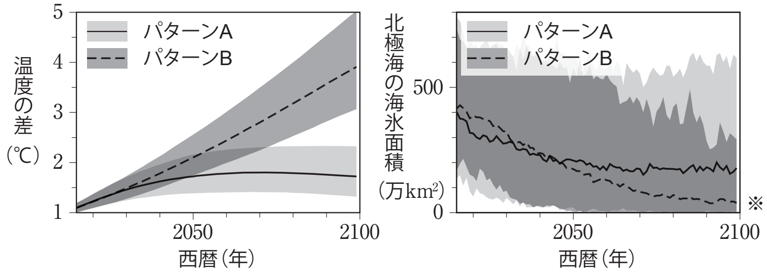
問題(1)　上の図は，21 世紀の人間活動を想定した 2 つのパターンを表しています。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

☞　ここに挙げたのは 2 つのパターンですが，IPCC の報告書ではさらに極端な場合やこの 2 つの間のパターンも想定されています。

パターン A は，エネルギーの需要全体だけではなく，石油などの（化石燃料 / 再生可能エネルギー）の使用量を今すぐに大幅に削減するものである。これにより，CO_2 排出量を 2020 年以降減少させている。また，2080 年ごろからは CO_2 排出量が 0 より小さくなっている。これは，（原子力発電 / 植林）による CO_2 の減少量が，CO_2 排出量を上回るからである。

一方，パターン B では，今後もエネルギーの需要が増加する。エネルギーの転換により石油のエネルギーの使用量を 2050 年までに大幅に削減するが，CO_2 排出量は増加し続ける想定となっている。

なお，どちらのパターンでも，農業のメタン放出の削減が行われることになっている。これは，メタンは同じ量であれば CO_2 と比べて（強い / 同程度の / 弱い）温室効果をもつからである。



（温度の差の基準は西暦1850年～1900年の平均値）

※出典：
IPCC の公開データから作成

問題⑵　上の図は，⑴の２つのパターンが実現されたときについて，どの程度の温暖化が起こるか，また，北極海の９月の海氷面積がどのように変化するかを表しています。これらの図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

パターン **A** では，2070 年ごろに温暖化がピークを迎え，それ以降はゆるやかに寒冷化する予想となっている。温暖化のピークにおける温度は 1850 ～ 1900 年と比べて約（1.5℃ / 4℃）高い温度となっている。一方，パターン **B** では 2100 年まで温暖化が続き，2100 年には 1850 ～ 1900 年と比べて約（1.5℃ / 4℃）高い温度が予想されている。

温度の違いは，北極海の海氷の面積にも表れている。どちらのパターンでも海氷の面積は大幅に減少するが，特にパターン **B** では 2100 年までに海氷がほぼ消滅すると予想されている。北極海におけるこのような大きな変化の原因の 1 つは，次のように説明される。

北極海で温度が少し上昇すると，海氷が少しとける。氷がとけて水になると，表面のアルベドが（上昇 / 低下）する。つまり，地表の吸収するエネルギーの割合が（大きく / 小さく）なる。これにより，北極海の温度はさらに上昇する。

このような，少しの変化が起こるとその変化が自動的に強められるはたらきを正のフィードバックという。正のフィードバックや，逆に変化を弱める負のフィードバックがどの程度強く，どの程度速くはたらくのかは気候変動の予測において重要であり，研究が積極的に進められている。

知っておこう

日本の温暖化

地球全体の温暖化が起こったとき，日本の気候も大きく変化すると考えられています。

１年間の熱帯夜〔最低気温 25℃以上の夜〕の日数を例としましょう。地球平均で 1.4℃の温暖化が起こった場合には約９日，3.7℃の温暖化が起こった場合には約 41 日（!?）増加すると予想されています（気象庁による）。

復習

アルベド（第６講）

入射した光のうち，反射される割合のこと。白っぽいものほど，アルベドは大きい。

第10講　PART2　確認問題

問１　地球の平均気温は過去 100 年間で約（　ア　）℃上昇したといわれており，この主な原因は，（　イ　）などの温室効果ガスの排出であると考えられている。現在の大気中の二酸化炭素濃度は，a約 400ppm である。第四紀には，氷期と間氷期がくり返す気候変動があったが，これは，（　ウ　）の軌道の変化などの天文学的なものが原因である。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.2　　②　0.5　　③　1　　④　2

(2)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　植物の光合成による酸素　　②　生物の呼吸による二酸化炭素
③　人間活動による水蒸気　　④　人間活動による二酸化炭素

(3)　下線部 a に関して，400ppm は何％にあたるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.04%　　②　0.4%　　③　4%　　④　40%

(4)　空欄ウにあてはまる天体として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　太陽　　②　地球　　③　月　　④　木星

< Note >

PART3 地球環境問題

目標　オゾン層破壊の原因となる物質と，オゾン層破壊が地表に及ぼす影響について説明できる

Chapter1　地球環境問題

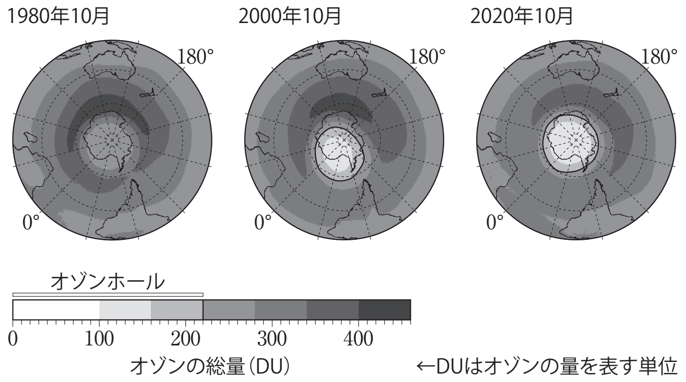
1　オゾン層の破壊と回復

PART2 では，人間活動による地球温暖化について学びました。

→　地球環境が人間活動によって大きな影響を受けた例としては，ほかにどのようなものがあるでしょうか？

・**オゾンホールの発見**

第６講で学んだように，（対流圏 / 成層圏）にはオゾン濃度の高い部分であるオゾン層がある。しかし，1980 年代の南極の研究により，上空のオゾンが大幅に減少していることが判明した。おもに南極大陸の上空において，オゾンが大幅に減少している領域をオゾンホールという。



・**オゾン層破壊の人間への影響**

オゾン層には，紫外線を吸収するはたらきがある。そのため，オゾン層が破壊されると地表に到達する紫外線が増加し，人体に悪影響が与えられる。紫外線は短期的に日焼けや免疫機能の低下を引き起こすほか，長期的には（皮膚がん / 肺炎）や目が見えにくくなる白内障などの原因となることが知られている。

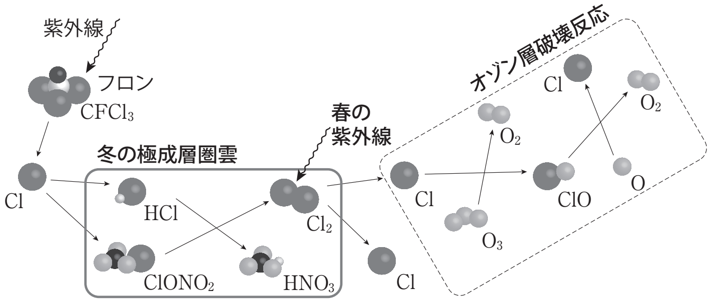
知っておこう

紫外線対策

一定量の紫外線を浴びることはビタミンＤをつくるために有用ですが，浴びすぎると本文に示したような悪影響があります。紫外線の影響は何十年も経ってからあらわれることがあるので，今のうちから注意しましょう。

晴れた日の日なたと比べて，薄い雲の出ているときで 80%，木陰でも 50% 程度の紫外線を浴びることになります。帽子，長そでや日焼け止めなどで対策するようにしましょう！

・オゾン層破壊のしくみ



フロンに含まれている Cl〔塩素〕が冬の極成層圏雲に蓄積され，春になってオゾンの分解を引き起こす。

このようなしくみでオゾン層が破壊されるため，オゾンホールは南半球の春にあたる（4 月 / 10 月）ごろに最も拡大する。

・フロンの規制とオゾン層の回復

フロンは人体にも環境にも害がない物質として 20 世紀に開発された物質であり，冷蔵庫やエアコンなどに使用された。フロンがオゾン層を破壊していることが明らかになり，1987 年にモントリオール議定書が採択されてからは製造・使用・排出に関する規制が段階的に強化された。

その結果，大気中のフロンの濃度やオゾンホールの面積は 2000 年ごろに最大となり，ゆるやかに減少し始めている。フロンは分解されにくい物質であり，大気中の濃度が十分低下してオゾンホールが消滅するまでには（数年 / 数十年 / 数百年）かかると考えられている。

まとめ

南極上空でオゾン濃度が大幅に減少している領域を＿＿＿＿＿という。この領域が形成されやすい季節は南半球の＿＿＿である。
オゾン層の破壊は，人間活動により排出された＿＿＿＿に含まれている＿＿＿＿原子が原因である。
オゾン層の破壊が起こることで，地表に到達する＿＿＿＿が増加し，人体に悪影響が与えられる。

講師からのMessage

左の図はすべての化学反応を示したものではありません。フロンに含まれる塩素原子 Cl が，形を変えてオゾン層を破壊するようすを確認してください！

知っておこう

原子と分子

酸素，塩素などの気体は，2 つの原子が結びついて 1 つの分子となっています。左の図では，

O：酸素原子
O_2：酸素分子
Cl：塩素原子
Cl_2：塩素分子

ですね！

知っておこう

フロン類の温室効果

フロンはオゾン層を破壊し，かつ強い温室効果をもちます。そこで，オゾン層の破壊を抑えるため，フロンと同じように有用であるもののオゾン層を破壊しない物質として代替フロンが登場しました。しかし，こちらも強い温室効果をもつため，近い将来に全廃される予定です。

Chapter2　演習問題

□　持続可能な開発目標

第 10 講の PART2 では地球温暖化，PART3 の講義ではオゾン層の破壊について扱いました。これらは，いずれも人間活動が地球環境に影響を与えている例でした。地球環境の急激な変化が続けば人類の生活環境にも悪影響が広がり，現在と同じような生活ができなくなってしまう可能性もあります。

そこで，1980 年代には「将来の世代の欲求を満たしつつ，現在の世代の欲求も満足させるような開発」を行う必要性が認識されました。このような開発を「持続可能な開発」とよびます。2015 年には国際連合によって採択された「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」では，次に示す「持続可能な開発目標」(Sustainable Development Goals: SDGs) が設定されました。

出典：https://www.un.org/sustainabledevelopment/
The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations or its officials or Member States.

講師からのMessage

今回演習問題で扱うのは，ごく一部の例に過ぎません。その他の例についても自分なりに考えて，周りの人と議論してみましょう！

今回の演習問題では，地球温暖化を抑えるための努力〔以下では「緩和策」とよびます〕と SDGs との関係について考えてみましょう。

問題(1)　地球温暖化の緩和策が SDGs の達成につながる例に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。また，〔　　〕について，最も適当な番号を

1 つ答えてください。

地球温暖化を抑えるためには，石炭や天然ガスなどを用いた火力発電を（増やし / 減らし），大気中の CO_2 濃度の上昇を抑えることが重要となる。そのための 1 つの方法は，発電の方法を太陽光発電や風力発電などに変えることであり，SDGs の〔　　〕の達成と密接に関わっている。また，化石燃料の利用は鉱山の労働者に危険や健康被害をもたらすほか，大気汚染を通じて発電所周辺の住民に健康被害をもたらすことがある。そのため，発電の方法を変えることは SDGs のうち〔　　〕の達成にもつながるといえる。

問題(2) 次に，地球温暖化の緩和策が SDGs の達成に対して負の側面をもつ可能性のある例に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。また，〔　　〕について，最も適当な番号を 1 つ答えてください。

大気中の CO_2 を減少させるための方法として，森林の伐採を（増やし / 減らし），新たに（植林 / 焼き畑）を行うことが挙げられる。森林は多くの生物のすみかとなっているため，このことは SDGs のうち 15 の達成を促進すると考えられる。また，穀物などを原料としたバイオエネルギーの利用を増やすことにも，大気中の CO_2 濃度の上昇を抑えるはたらきがある。

ただし，これらのことは食料の生産に対して影響を与え，食料価格の上昇をもたらす可能性があると指摘されている。食料価格が上昇した場合，特に SDGs のうち〔　　〕の達成に対して負の側面をもつ可能性があると考えられる。

地球温暖化の緩和策と SDGs の達成との関係は，このように複雑である。さまざまな視点からの検討を行いながら，効果的な行動をとる工夫を行っていくことが重要だといえる。

第10講　PART3　確認問題

問1　地球の(　ア　)内にはオゾン濃度の高い部分がある。オゾンには生物にとって有害な(　イ　)を吸収するはたらきがある。1980 年代に, 人間活動により大気中に放出された(　ウ　)が原因で，a オゾン層が破壊されることが明らかになった。オゾンが大幅に減少している領域を b オゾンホールという。上空のオゾンが減少すると，地表に到達する(　イ　)の量が増え，人体に悪影響が出ることが懸念されている。c オゾン層の保護は，世界的な課題として取り組まれており，オゾン層を破壊する物質の製造・使用・排出に関する規制が強化されている。

⑴　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　対流圏　　②　成層圏　　③　中間圏　　④　熱圏

⑵　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　紫外線　　②　可視光線　　③　赤外線　　④　X 線

⑶　空欄ウにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　メタン　　②　二酸化炭素　　③　二酸化硫黄　　④　フロン

⑷　下線部 a に関して，⑶の物質に含まれる元素のうちオゾンを破壊する反応に直接関わるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　フッ素　　②　炭素　　③　塩素　　④　水素

⑸　下線部 b に関して，南極上空のオゾンホールが最も拡大するのは何月ごろか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。
①　1 月　　②　4 月　　③　7 月　　④　10 月

(6)　下線部 c に関して，オゾンホールの発生がなくなるには，あと何年かかるとされているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　数年　　②　数十年　　③　数百年　　④　数千年

第11講　日本の自然環境と災害
PART1 日本の冬

目標　冬の典型的な気圧配置と，日本列島の日本海側で雪が降る原因について説明できる

Chapter1　日本の冬

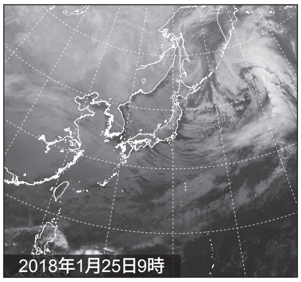
1　日本の冬の天気

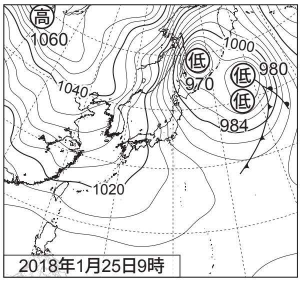
日本列島は南北に長く，特に冬には気候の地域差がはっきりと出てきます。気温の違いもありますが，日本海側の雪は特徴的ですね。

→　日本列島の冬の天気は，どのような原因で決まっているのでしょうか？

・**西高東低の気圧配置**

冬の日本列島付近では，日本列島から見て西側の気圧が高く，東側の気圧が低い西高東低〔冬型〕の気圧配置が特徴的にみられる。

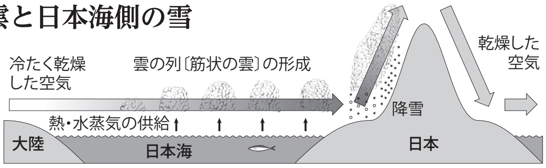




※

→　気象衛星の画像では，（北西―南東 / 北東―南西）方向の筋状の雲がみられる。この雲は，大陸の（チベット / シベリア）高気圧から太平洋へ吹く（北西の季節風 / 北東の貿易風）により生じる。

・**筋状の雲と日本海側の雪**



→　日本海で蒸発した水が雲となり，日本海側で雪となる。雪を降らせた空気は乾燥しており，太平洋側ではあまり雪を降らせない。

講師からのMessage

最低気温の平年値（1991 年～ 2020 年の平均値）を比べてみましょう。

7 月の札幌は 17.9℃，那覇は 27.0℃なので，その差は 9.1℃です。

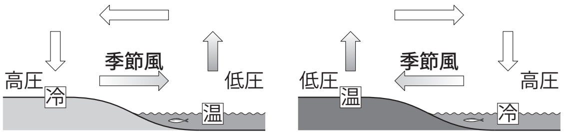
一方，1 月の札幌は－ 6.4℃，那覇は 14.9℃なので，なんと 21.3℃も違います。

旅行のときは服装に気をつけないといけませんね！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成

・**季節風**

海は温度変化しにくく，陸は温度変化が大きいので，夏と冬で海と陸の温度の関係が逆転する。地表では（冷たい / 温かい）方から（冷たい / 温かい）方へと風が吹く。



2 日本の冬の気象災害

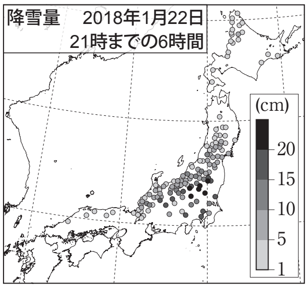
・**西高東低の気圧配置による大雪と暴風雪**

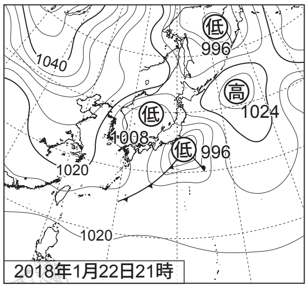
西高東低の気圧配置で上空に寒気が入り込むと，雪をもたらす雲が発達して大雪となる。大雪は，倒木や電柱の倒壊などにより山間部の集落の孤立をもたらすことがある。また，除雪作業中の高齢者の死亡事故が多い。

天気図の等圧線の間隔が（広い / せまい）ほど, 風は強く吹く。降雪や積雪のあるときに強い風が吹くと，視界が悪くなって事故が起こりやすい。

・**南岸低気圧による大雪**

本州の南岸に沿って低気圧が進むと，ふだん雪のあまり降らない太平洋側で大雪となることがある。雪への備えの少ない地域では，数 cm の積雪でも交通障害などが発生しやすい。





※

復習

海洋の層構造（第 7 講）

海面から深さ数十～ 200m 程度までは表層混合層とよばれ，風による混合などによって温度がほぼ一定になっています。

水が岩石よりも温まりにくい物質であることに加えて，混合が起こることで海面付近の温度は変化しにくくなっているのです！

講師からのMessage

南岸低気圧による大雪は，予報の難しい現象の 1 つです。

低気圧の進路が北寄りになると暖気の影響で雨となり，進路が南寄りになると降水自体が起こりにくくなります。関東平野の上空の気温や湿度でも雨か雪かが変わります。

南岸低気圧が近づいているときには，予報が完全ではないことを意識するとともに，最新の情報に注意しましょう！

※出典：気象庁

まとめ

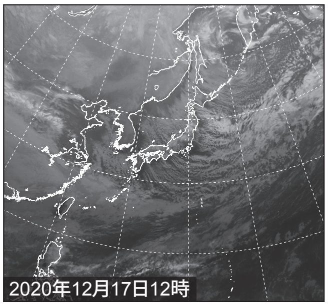
冬の日本列島付近に典型的なのは＿＿＿＿＿＿の気圧配置である。

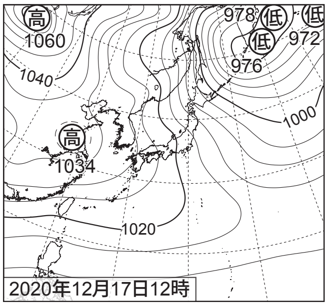
大陸の＿＿＿＿＿＿＿＿から吹き出した北西の季節風が日本海で水蒸気を受け取り，日本列島の日本海側で雪をもたらす。

Chapter2　演習問題

□　冬の天気と地球温暖化

冬の日本列島では，おもに雪に関する災害が発生します。地球温暖化にともなって，雪の降り方は変化するのでしょうか。今回の演習問題では，冬の天気と地球温暖化について考えてみましょう。





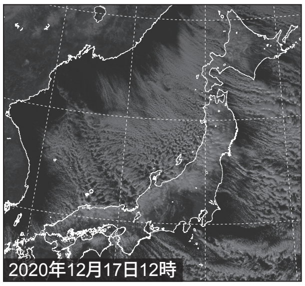
※

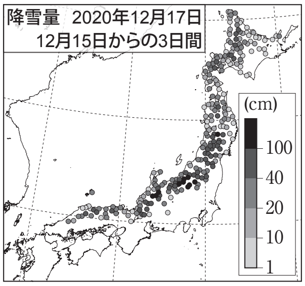
問題⑴　上の図は, ある冬の日の気象衛星の赤外画像と天気図です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

この日の日本列島付近は，（南高北低 / 西高東低）の典型的な冬型の気圧配置となっている。また，気象衛星の画像では，日本海や太平洋に筋状の雲がみられる。これは，シベリア高気圧から太平洋に吹き出す（北西 / 北東）の（季節風 / 貿易風）によるものである。

問題⑵　次の図は，上の図と同じ時刻の気象衛星の可視画像と，その画像の日までの 3 日間(72 時間)の降雪量を示しています。これらの図に関連して述べた次ページの文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成





※

3 日間の降雪量の分布からは，この日までの 3 日間におもに（日本海側 / 太平洋側）で雪が降ったことがわかる。これは，⑴の気圧配置のときの典型的な雪の降り方である。

気象衛星の可視画像からは，東海地方，関東地方や北海道の東部には雲が（多い / 少ない）ようすが読み取れる。これは，日本海側に雪をもたらした風が山地を越えて吹き降りるため，空気が（乾燥している / 湿っている）からだと考えることができる。

問題⑶ 地球温暖化と日本列島の降雪に関連して述べた次の文章中の［　　］について，正しいものを下の選択肢から選んでください。

1960 年代以降，日本海側の降雪量や大雪の頻度は減少傾向にある。また，今後の地球温暖化にともなって，日本列島の本州から南のほとんどの地域では降雪量が減少すると予測されている。これは，気温の上昇により［　ア　］ためだと考えられる。

一方，まれにしか発生しない大雪のときの降雪量は，気温の低い山岳地域などで増加するという予測もある。これは，気温や日本海の海面水温が上昇し，［　イ　］ためである。

① 大気中に含むことのできる水蒸気量が増加する
② 大気中に含むことのできる水蒸気量が減少する
③ 雨が雪に変わる
④ 雪が雨に変わる

講師からのMessage

今回の演習問題で取り上げた 2020 年 12 月から 2021 年 1 月にかけては，記録的な低温・大雪となりました。これは，上空のジェット気流が日本付近で南に蛇行して，北極から強い寒気が流れ込みやすい状態が続いたためだと考えられています。このジェット気流の蛇行は，ラニーニャ現象（第 10 講で学びましたね！）と関係しているとみられています。

この冬の大雪では，除雪作業中の事故などで高齢者の死亡が相次ぎました（死者 110 名中 91 名が 65 歳以上：内閣府調べ）。また，高速道路での車両の立ち往生が相次ぎ，長時間車内で待機することによって年齢・性別を問わず体調不良者が発生しました。雪に慣れた地域でも，十分な注意が必要です！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成

第11講 PART1　確認問題

問1　日本列島は南北に長く，特に冬には気候の地域差が大きくなる。冬の日本列島付近は（　ア　）の気圧配置が特徴的にみられ，気象衛星の画像では北西から南東にかけての筋状の雲がみられる。これは，a シベリア高気圧から太平洋に向けて吹く季節風の影響である。この風が日本海を渡って，日本列島の日本海側に大雪をもたらす。ふだんは降雪の少ない太平洋側では，（　イ　）が進むと，大雪になることがある。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　南高北低　　②　北高南低　　③　西高東低　　④　東高西低

(2)　下線部 a に関して，この季節風の風向として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　北西　　②　南東　　③　南西　　④　北東

(3)　下線部 a に関して，この季節風が吹く原因となる海と陸の温度の違いについての記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　海面付近の温度はほぼ一定であるが，陸上付近の温度が低くなる。
②　海面付近の温度はほぼ一定であるが，陸上付近の温度が高くなる。
③　陸上付近の温度はほぼ一定であるが，海面付近の温度が低くなる。
④　陸上付近の温度はほぼ一定であるが，海面付近の温度が高くなる。

(4)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　本州南岸に沿って高気圧　　②　本州南岸に沿って低気圧
③　大陸南岸に沿って高気圧　　④　大陸南岸に沿って低気圧

＜ Note ＞

PART2 日本の春

目標　春に周期的に天気が変化する原因や，放射冷却について説明できる

Chapter1　日本の春

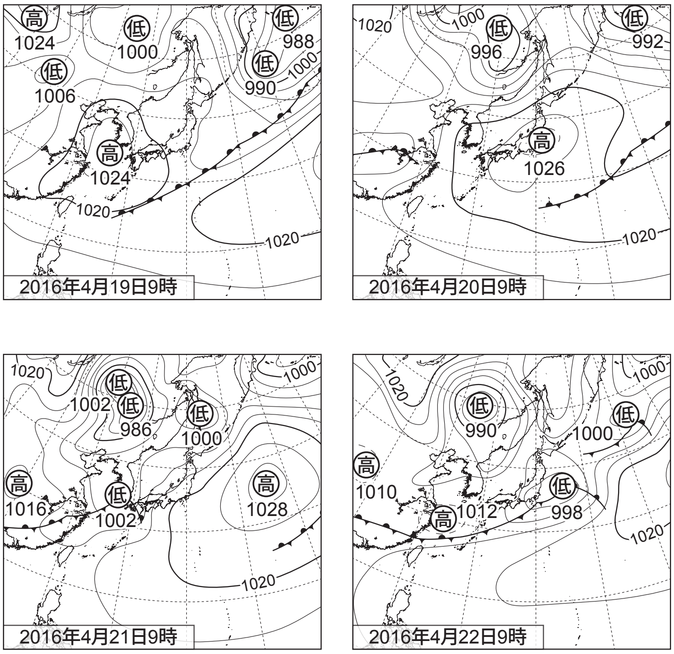
1　日本の春の天気

日本の春は，天気が変わりやすいのが特徴です。桜が咲いたかと思ったら寒くなって「寒の戻り」や「花冷え」などという言葉を聞くこともあります。

→　日本列島の春の天気はどうして変わりやすいのでしょうか？

・ **移動性高気圧と温帯低気圧**

春になると，日本列島付近では南北の気温差が大きくなって温帯低気圧が発生・発達する。偏西風によって移動性高気圧と温帯低気圧が（東から西 / 西から東）へと交互に通り過ぎるため，日本列島では周期的に天気が変わりやすい。



出典：気象庁

知っておこう

移動性高気圧

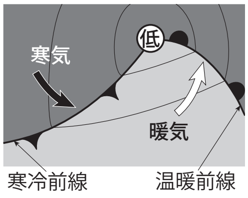
移動性高気圧は，偏西風によって移動する高気圧です。

では移動性でないものは？というと，冬のシベリア高気圧などがあります！

知っておこう

温帯低気圧

南北の温度差が大きいということは，「南の暖気」と「北の寒気」という異なる種類の空気が接しているということです。このとき，間には異なる空気の境界である前線ができて，そこから低気圧が発生します。この低気圧を温帯低気圧といいます。前線の名前や記号とともに覚えておきましょう！



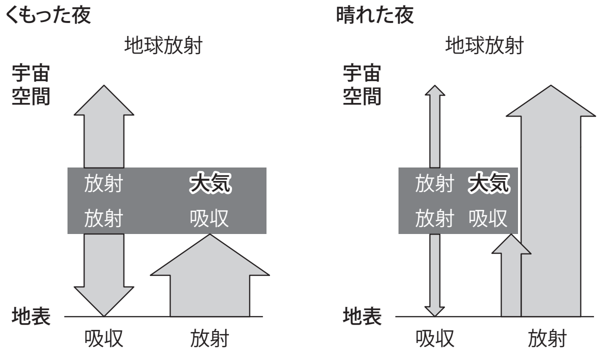
出典：気象庁

・**放射冷却**

太陽放射のない夜間において，地表の受け取る放射は大気からの赤外線のみとなる。

くもった夜には地表からの赤外線の多くが大気に吸収され，そのエネルギーが再び地表を温める。一方，晴れた夜には地表からの赤外線の多くが宇宙空間へとそのまま放射される。そのため，くもった夜と比べて晴れた夜は冷え込みやすく，これを**放射冷却**という。

よく晴れて風の弱い夜には放射冷却が強まり，霜によって農作物に被害をもたらすことがある。



復習

温室効果（第 6 講）

地表から放射された赤外線を大気中の温室効果ガスが吸収し，そのエネルギーを赤外線として放射して地表を温めるはたらきのことです。

大気中に最も多く含まれる温室効果ガスは水蒸気ですから，大気中の水蒸気の量は温室効果の強さを考える上で非常に重要です！

2　日本の春の気象災害

・**温帯低気圧による強風**

春に日本海で温帯低気圧が発達すると，広い範囲に強風をもたらす。そのため，強風や高波による被害が生じることがある。

特に，立春から春分までの間に初めて吹く，暖かく比較的強い南よりの風を（木枯らし一号 / 春一番）という。この風が吹くと，積雪のある山岳地帯では気温上昇により（遅霜 / 雪崩（なだれ））や河川の急な増水が起こることがある。

知っておこう

立春

地球の公転周期上の位置〔逆に言えば，太陽の見え方〕を基準にした季節の決め方で，二十四節気とよばれるものがあります。

立春は冬至と春分の真ん中にあたり，現在では 2 月 4 日ごろです。節分は立春の前日ですから，豆まきをしてから春分までが春一番の期間ということになりますね！

まとめ

春の日本列島では，移動性高気圧と温帯低気圧により周期的に天気が変化しやすい。

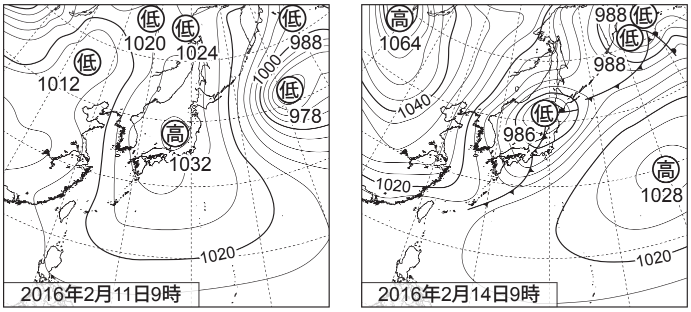
移動性高気圧によって晴れた夜には，＿＿＿＿＿＿によって冷え込みやすくなる。

日本海で温帯低気圧が発達すると，強風や高波による被害が生じることがある。

Chapter2　演習問題

□　春の天気と天気図

春の日本列島の天気には，高気圧と低気圧により周期的に天気が変化しやすいという特徴があります。今回の演習問題では，早春の天気図を例にして，天気図と天気の対応関係に慣れていきましょう。



出典：気象庁

問題(1)　上の図は，ある早春の 2 日間の天気図です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

11 日には日本列島を（シベリア高気圧 / 移動性高気圧）が広く覆い，全国的に晴れとなった。11 日から 14 日にかけて，日本列島では（西 / 東）から雲の多い天気となった。14 日には東北地方から南を（温暖前線 / 寒冷前線）が通過した。

講師からのMessage

天気図なんて読めなくても，お天気アプリで天気はわかる……という時代なのはその通りです。明日の天気を知りたいときはもちろんのこと，「雨の止んだすきに駅まで走ろう」などというときにはアプリや Web サイトが活躍します。

しかし，少しだけ天気図を読み取れるようになっておくと，何日も同じ天気が続いたり，逆に急に気温が変わったりする原因がわかります。細かい予報はプロに任せておくとしても，気持ちの余裕ができますよ。

第 11 講の PART1 ～ PART5 で少しずつ天気図に慣れていってくださいね！

問題⑵ 次のそれぞれの文は，前ページの天気図の11日または14日のいずれかの天気について説明したものです。どちらの日についての説明か考えて，正しいものを選んでください。

a　東海地方や関東地方などで春一番が吹いた。　(11日 / 14日)

b　多くの地点で最低気温が平年よりも低かった。　(11日 / 14日)

c　翌日には冬型の気圧配置となり，気温が大きく下がった。　(11日 / 14日)

第 11 講　PART2　確認問題

問 1　春の日本列島付近では，偏西風によって移動性高気圧と温帯低気圧が a 交互に通りすぎるため, 周期的に天気が変わりやすい。移動性高気圧に覆われて晴れた日の夜間には, b 地表の気温が低下することがある。また，日本海で温帯低気圧が発達すると，広い範囲に強風が吹き，強風や高波による被害が生じることがある。特に，立春から春分までの間に初めて吹く，暖かく比較的強い南寄りの風は（　ア　）とよばれている。この風が吹くと，日本海側の山岳地帯では（　イ　）などが発生しやすくなる。

(1)　下線部ａに関して，高気圧と低気圧の移動方向として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　東から西　　②　西から東　　③　南から北　　④　北から南

(2)　下線部ｂに関して，この現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　温室効果　　②　放射冷却　　③　気候変動　　④　エルニーニョ現象

(3)　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　木枯らし一号　　②　やませ　　③　春一番　　④　貿易風

(4)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　雪崩　　②　がけ崩れ　　③　乱泥流　　④　地すべり

< Note >

PART3 日本の梅雨

目標 梅雨の典型的な気圧配置と，集中豪雨をもたらす雲について説明できる

Chapter1 日本の梅雨

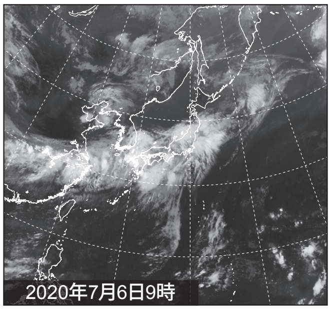
1 日本の梅雨の天気

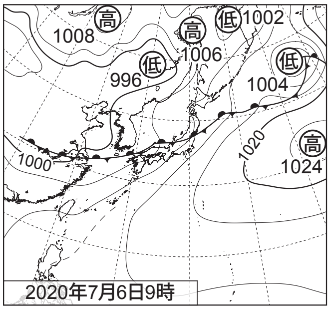
春が過ぎて本格的な夏が来る前にあたる５月から７月にかけて，北海道を除く日本列島には雨の多い時期である梅雨があります。

→ 梅雨の季節には，どうして雨が多いのでしょうか？ 特に注意すべき雲はあるでしょうか？

・**梅雨前線と２種類の高気圧**

梅雨の時期の日本列島付近は，南東側の暖かい太平洋高気圧〔小笠原高気圧，北太平洋高気圧ともよばれる〕と，北東側の冷たいオホーツク海高気圧にはさまれている。梅雨前線は，２つの高気圧の異なる性質の空気の境界にあたり，動きの少ない（停滞（ていたい）前線 / 閉塞（へいそく）前線）である。





※

・**集中豪雨とその原因**

同じような場所で（数十分 / 数時間）にわたって強く降り，合計で 100mm 以上の雨量となるような雨を**集中豪雨**という。

集中豪雨は，（乱層雲 / 積乱雲）が同じ場所で次々と発生・発達をくり返すことによって生じる。積乱雲の列により，強い雨の領域が細い帯状にのびることがある。

講師からのMessage

梅雨は中国や台湾にも日本と同じような時期に存在し，同じ漢字を用いて表されます！

知っておこう

雨を降らせる雲

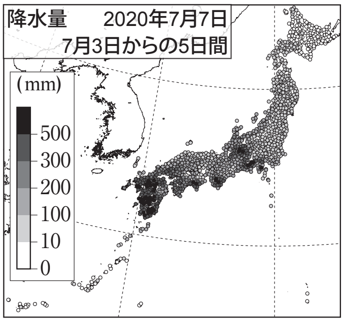
雨を降らせるおもな雲には，乱層雲と積乱雲があります。

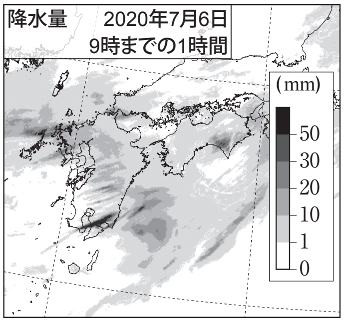
乱…雨を降らせる
層…横に広がる
積…上にのびる

という意味を知っておけば，どんな雲かイメージがわきやすくなるでしょう。

なお，雲が上にのびるのは対流がさかんだからだと考えれば，積乱雲が落雷・突風・強い雨をもたらす雲であることも理解できますね！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成





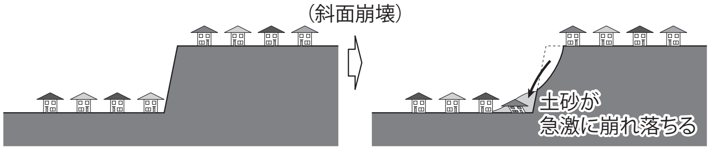
※

2　日本の梅雨の気象災害

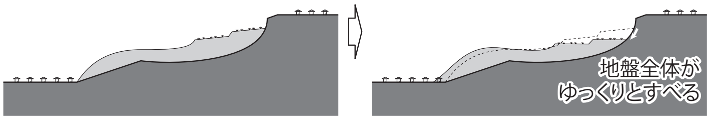
・**大雨とそれにともなう災害**

長時間にわたって大雨が降ると，低い土地の浸水，河川の氾濫（はんらん）といった水害が発生することがある。また，地面が水を含むことで，がけ崩れ，地すべり，土石流などの土砂災害が発生することがある。

がけ崩れ
（斜面崩壊）



地すべり



※土石流

河川の上流から巨大な礫などの砕屑物を含む泥水が流れ出し，時速数十 km で流れ下る現象。

まとめ

梅雨前線は，日本の南東にあって暖かい________高気圧と，北東にあって冷たい________高気圧の空気の境界に発生する。
梅雨の集中豪雨は，______雲が同じ場所で次々と発生・発達することで生じる。
大雨は，低い土地の浸水や河川の氾濫のほか，土砂災害を引き起こすこともある。

知っておこう

雨量

雨量は mm を単位として表されます。これは，水のしみこまない地面にたまる水の深さを表したものです。

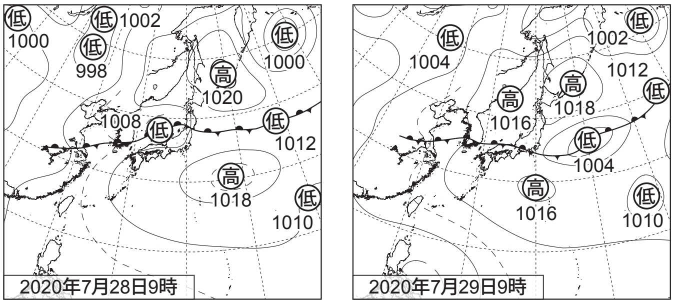
1 時間の雨量を例にとると，10mm は地面からはね返った水で足元がぬれるような雨，20mm は傘をさしていてもぬれるような雨，50mm は傘がまったく役に立たないような雨です。まれに観測される 1 時間に 100mm の雨というのがとんでもない雨だということがわかりますね！

※出典：気象庁

Chapter2　演習問題

□　梅雨前線と南北の空気

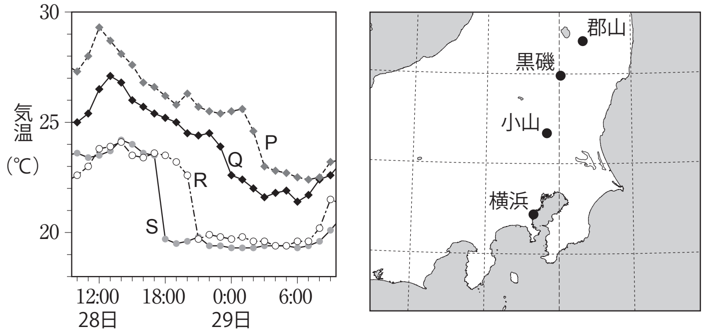
梅雨前線は，南北の異なる性質の空気の境界です。今回の演習問題では，梅雨の時期の気温の変化と梅雨前線の移動との関係について考えてみましょう。



出典：気象庁

問題(1)　上の図は，ある梅雨の2日間の天気図です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

どちらの日にも，北海道の東にはオホーツク海高気圧，日本の南東には太平洋高気圧が位置している。高気圧の周辺では風が（時計回り / 反時計回り）に（吹き出し / 吹き込み），低気圧の周辺では風が（時計回り / 反時計回り）に（吹き出す / 吹き込む）。そのため，28日には湿った空気の流れ込んだ（西日本から東北南部 / 北海道や東北北部）で大雨となった。



出典：気象庁

問題⑵　上の左の図は，P ~ S の４地点における，前ページの２枚の天気図の間（28 日午前 10 時から 29 日午前９時まで）の気温の変化を示しています。P ~ S の４地点は，それぞれ上の右の図に示した郡山（こおりやま），黒磯（くろいそ），小山（おやま），横浜のうちいずれかの観測点を表しています。それぞれの地点で気温が急激に低下した時刻に注目して，P ~ S の４地点がそれぞれどの観測点にあたるかを答えてください。また，これらの地点で気温が急激に低下した理由を説明してください。

講師からのMessage

今回の講義と演習問題で取り上げた 2020 年７月は，九州地方から東北地方までの広い地域で記録的な大雨となりました。これは，日本付近に停滞した梅雨前線に向かって，太平洋高気圧や東シナ海から暖かく湿った空気が流れ込み続けたことが原因だと考えられています。

この７月には河川の氾濫や土砂災害が多く発生し，死者・行方不明者が 86 名に上ったほか，16,000 戸以上の家屋に被害が出ました（内閣府による）。

第11講　PART3　確認問題

問１　梅雨の時期の日本列島は，（　ア　）の間に$_a$梅雨前線が形成される。この前線はほぼ動かないため，同じ場所で積乱雲が発生・発達を繰り返し，集中豪雨となることがある。長時間の大雨により，$_b$斜面の土砂が急激に崩れ落ちたり，土地にしみ込んだ雨による影響で，$_c$数日から数週間かけて地盤全体がゆっくりとすべり落ちたりする災害が発生することがある。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　シベリア高気圧と太平洋高気圧

②　シベリア高気圧とオホーツク海高気圧

③　太平洋高気圧とオホーツク海高気圧

(2)　下線部ａに関して，この前線の種類として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　閉塞前線　　②　温暖前線　　③　寒冷前線　　④　停滞前線

(3)　下線部ｂに関して，この現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　地すべり　　②　がけ崩れ　　③　土石流　　④　乱泥流

(4)　下線部ｃに関して，この現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　地すべり　　②　がけ崩れ　　③　土石流　　④　乱泥流

< Note >

PART4 日本の夏

目標　夏の典型的な気圧配置と，熱中症の起こりやすい気象条件について説明できる

Chapter1　日本の夏

1　日本の夏の天気

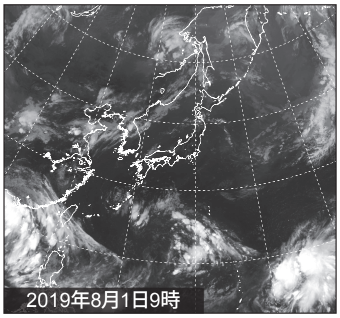
日本の夏は，気温に加えて湿度が高いことが特徴的です。

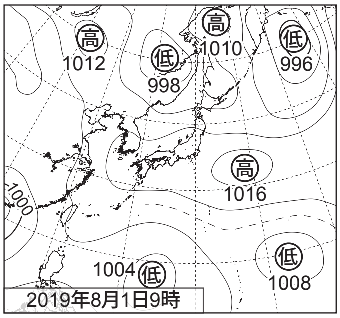
→　日本列島の夏はどうしてじめじめしているのでしょうか？

・**太平洋高気圧**

太平洋高気圧が勢力を強めて日本付近に張り出してくると，梅雨前線が北に移動して消滅し，本格的な夏となる。

太平洋高気圧は（熱帯収束帯 / 亜熱帯高圧帯）の高気圧であり，吹き出す空気は（暖かく / 冷たく），（乾燥している / 湿っている）。そのため，日本の夏は気温と湿度がともに高くなりやすい。また，等圧線の間隔が（広く / せまく），風が（強い / 弱い）傾向がある。





※

・**局地的な大雨**

夏の晴れた日には強い太陽放射によって地表が温められ，陸上の気温が上昇する。そのため,（乱層雲 / 積乱雲）が発達して落雷，突風，局地的な大雨，雹(ひょう)などをもたらすことがある。

局地的な大雨は単独の積乱雲による大雨であり，（数分 / 数十分）程度の間に（数十 mm / 数百 mm）の雨量となるものをいう。局地的な大雨により，小さな河川の急な増水が発生することがある。

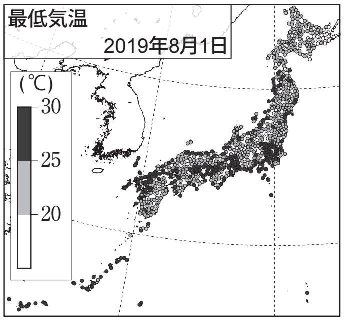
知っておこう

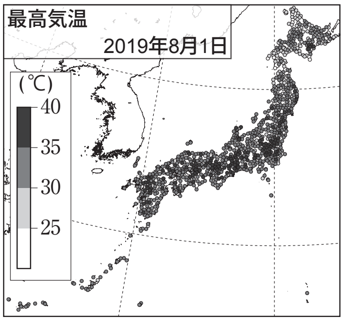
観測条件と気温

気象庁などの観測・予報する気温は，芝生に覆われた風通しの良い場所の，地表から150cm の場所のものです。

地表が土やアスファルトの場所や，地表からの高さが150cm より低い場所では，晴れた日の気温が気象庁などの観測・予報する気温よりも数℃以上高くなることに注意しましょう！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成





※

2　日本の夏の気象と健康

・**熱中症**

ヒトは暑い環境にさらされると，汗をかくことや体の表面付近に流れる血液を増やすことで体温を下げようとする。これによって体内の水分や塩分が失われすぎたり，体内の臓器への血流が十分でなくなったりすると，けいれん，めまい，頭痛，吐き気といった症状が出ることがある。これを**熱中症**という。

熱中症を引き起こす代表的な条件として，

気温が高い

湿度が（高い / 低い）

風が（強い / 弱い）

日差しが（強い / 弱い）

熱を逃がしにくい服装をしている

ことの一部または全部の組合せが挙げられる。気温が高くなり始めた時期や，運動部の合宿前半など，体が高温環境に慣れていないときは特に注意が必要である。熱中症の予防のためには，高温環境をできるだけ避けるほか，水分，塩分，休息を適切にとることが重要だとされる。

知っておこう

暑さ指数 (WBGT)

気温に加えて湿度や風の強さ，日射の影響も含めた熱中症の危険性を表す指標です。熱中症による死者数との相関が，最高気温などとよりも高いことが知られています。

日なたでの活動時には，環境省の公表する暑さ指数の実況・予測値を参考にするほか，測定装置を用いて現地で測定することが有効です。

ただし，熱中症の起こりやすさは人によって違いますし，その日の体調や服装でも異なります。

自分と周囲の人の体調に注意して，熱中症の疑いがあれば涼しい場所で体を冷やし，水分・塩分を補給して安静にしましょう。また，意識障害があれば命にかかわることもあるので，速やかに救急車を呼んでください。

※出典：気象庁

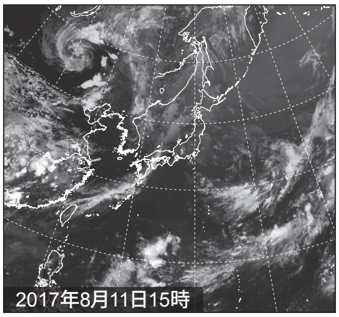
まとめ

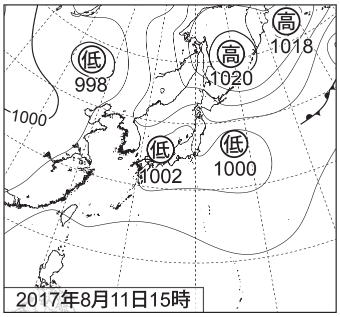
夏の日本列島は，＿＿＿＿＿高気圧に覆われて，暖かく湿った空気が流れ込んでいることが多い。
晴れた日に強い太陽放射によって地表が温められると，＿＿＿雲が発達して局地的な大雨がもたらされることがある。
夏の日本列島では，高温，多湿，弱風，強い日射という熱中症の起こりやすい気象条件がそろいやすいので注意が必要である。

Chapter2　演習問題

□　北東気流〔やませ〕

夏の日本列島は，太平洋高気圧に覆われていることが多いということを学びました。しかし，年によっては他の高気圧の影響が強まることがあります。今回の演習問題では，そのような例をみてみましょう。





※

問題(1)　上の図は, ある夏の日の気象衛星の赤外画像と天気図です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

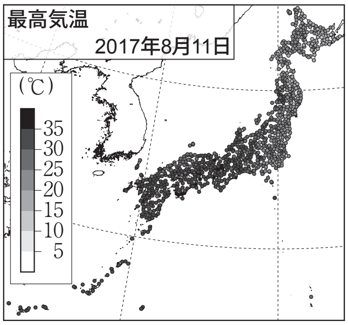
この日の日本列島は低気圧が通過し，日中には南から湿った空気の流れ込んだ（東海地方 / 北陸地方）などで雨が降った。北海道や東北地方でも，（シベリア高気圧 / オホーツク海高気圧）からの冷たく（湿った / 乾いた）風の影響で曇りや雨となったところが多い。

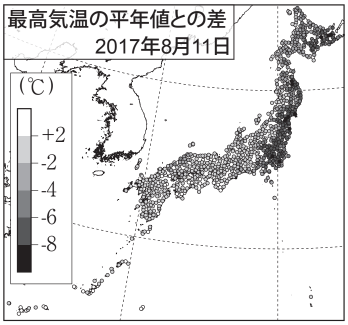
講師からのMessage

近年では，地球温暖化にともなって高温の日も多くなってきました。2007 年には，最高気温が 35℃以上の日を指す「猛暑日」という言葉ができました。また，熱中症は，年間の死者数が数百名，救急搬送数が数万件，医療機関の受診数が数十万件もあり，意識することが多いでしょう。

しかし，日本の夏の災害としては，「冷夏」もあります。これは「過ごしやすい夏」じゃないかと思うかもしれません。しかし，夏の低温が長期にわたると農作物の生育に悪影響をおよぼすため，重大な災害だといえるのです！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成





※

※出典：気象庁

問題(2)　上の図は，前ページの天気図と同じ日の最高気温および，その平年値との差を表したものです。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

　左の図からは，北海道，東北地方の太平洋側，関東地方で最高気温が（25℃以上 / 25℃未満）となったところが多いことがわかる。しかし，もともと日本列島の気温には北ほど（高い / 低い）傾向があるので，この図だけからこの日の最高気温の分布が特徴的かどうかを判断することはできない。

　そこで，この日の最高気温から最高気温の平年値を引いた値を示したものが右の図である。この図からは，日本列島のほとんどの場所で最高気温が平年とほぼ同じか平年より低いことが読み取れる。特に，北海道の東部，東北地方の太平洋側，関東地方では最高気温が平年より 6℃以上低いところも多い。これは，(1)の高気圧からもたらされる冷たい（北東 / 北西）の風の影響だと考えられる。この風は，やませとよばれる風であり，長期間にわたって吹くと農作物の不作につながる。

第11講　PART4　確認問題

問1　日本列島の夏は，（　ア　）高気圧に覆われて，暖かく湿った空気が流れ込んでいることで，気温と湿度がともに高くなりやすい。夏の晴れた日に強い太陽放射によって地表が暖められると，（　イ　）が発達して局地的な大雨をもたらすことがある。また，日本の夏は，気温や湿度・風の影響と強い日射のため，a熱中症の起こりやすい気象条件がそろっているので注意が必要である。

(1)　空欄アにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　シベリア　②　オホーツク海　③　太平洋　④　移動性

(2)　日本の夏の天気図の特徴についての記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　大陸側に高気圧，太平洋側に低気圧があり，等圧線の間隔が広い。
②　大陸側に高気圧，太平洋側に低気圧があり，等圧線の間隔がせまい。
③　大陸側に低気圧，太平洋側に高気圧があり，等圧線の間隔が広い。
④　大陸側に低気圧，太平洋側に高気圧があり，等圧線の間隔がせまい。

(3)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　積乱雲　②　乱層雲　③　巻雲　④　高層雲

(4)　下線部aに関して，熱中症を引き起こす原因として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　気温が高い　②　湿度が高い　③　風が強い　④　日射が強い

< Note >

PART5 日本の秋

目標　台風の特徴と，高潮の発生原因について説明できる

Chapter1　日本の秋

1　日本の秋の天気

秋には，日本付近に台風が接近することが多くなります。年によって個数は大きく異なりますが，1 年間に平均約 25 個発生する台風のうち, 約 12 個が日本列島に接近し, 約 3 個が上陸します。

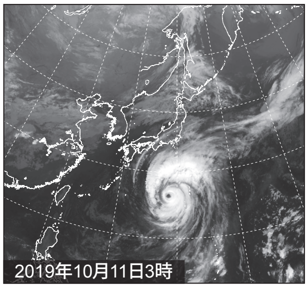
→　台風とはどのような低気圧なのでしょうか？

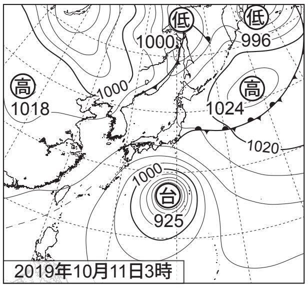
・**熱帯低気圧と台風**

熱帯の暖かい海面から蒸発した水蒸気が上空で積乱雲をつくり，それがいくつも集まって渦を形成したものを熱帯低気圧という。

熱帯低気圧のうち，北西太平洋または南シナ海に存在し，最大風速が約（17 / 25）m/s 以上のものを台風とよぶ。

台風は, 低緯度で発生してしばらくは（偏西風 / 貿易風）によって（西から東 / 東から西）に進み，やがて太平洋高気圧に沿って北上する。日本付近の中緯度に達すると,（偏西風 / 貿易風）によって（西から東 / 東から西）へと向きを変えることが多い。





※

・**台風と秋雨前線**

秋の日本列島には，梅雨前線と同じような停滞前線である秋雨前線が停滞することがある。台風が南からの暖かく湿った空気を前線に供給すると，前線での雲の発達がさかんになって大雨とな

知っておこう

台風の温帯低気圧化

左に記したように，熱帯低気圧は熱帯の暖かい海域で形成されたものです。そのため，周囲に南北の温度差がほとんどなく，前線をともないません。

その熱帯低気圧が発達して台風となり，南北の温度差の大きな中緯度に達すると，南側の暖気と北側の寒気の境界という性質をもち，前線をともなうようになります。このようにして低気圧の性質が変化すると，台風は「温帯低気圧に変わった」と発表されます。

台風が温帯低気圧に変わると，中心付近の最大風速は小さくなっても強風の吹く範囲は広がることがあります。温帯低気圧に変わっても，油断は禁物です！

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成

ることがある。

2　台風に伴う気象災害

・**大雨・強風**

梅雨の場合と同様に，低い土地の浸水，河川の氾濫(はんらん)といった水害が発生することがある。また，地面が水を含むことで，がけ崩れ，地すべり，土石流などの土砂災害が発生することがある。さらに，強風によって物が飛ばされたり，飛散物によって停電が発生したりすることも多い。

梅雨の場合と異なり，台風は通過後に雨がやんで安心感がもたらされることが多い。大きな河川では，下流の雨がやんでから増水や氾濫が起こることもあるので十分な警戒が必要である。

・**高潮と高波**

海の「潮」は海面の高さ，「波」はその高さを中心とした上下動を指す。

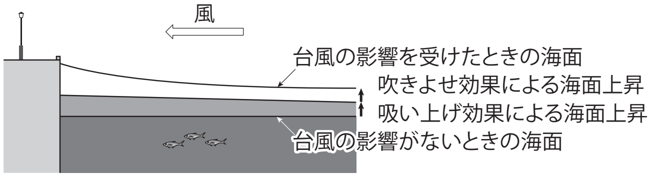
台風が接近すると，

吸い上げ……気圧が低下することで，海面が吸い上げられる
吹きよせ……風によって海岸に向かって海水が吹きよせられる

という 2 つの効果によって海面が上昇することがある。これを**高潮**とよぶ。

また，長時間にわたって強い風が海上で吹くと，波が高くなる。これを**高波**とよぶ。

高潮が発生しているときに高波が打ちよせると，ふだん到達しないところまで海水が到達することがあるので注意が必要となる。



講師からのMessage

前ページに図を示した 2019 年台風 19 号は，東日本を中心とする広い地域に記録的な大雨をもたらしました。この台風では 100 か所以上で河川の堤防が決壊したほか，1000 件近い土砂災害が発生しました。また，死者・行方不明者は 107 名，床下・床上浸水は 30000 戸以上に達しました（内閣府による）。

降水による土砂災害，浸水，洪水の危険度については，降水の状況や予測とあわせて気象庁の Web サイトで確認できます。台風や前線による大雨のときには，行動の参考にしてください！

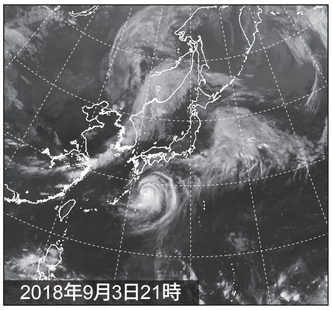
まとめ

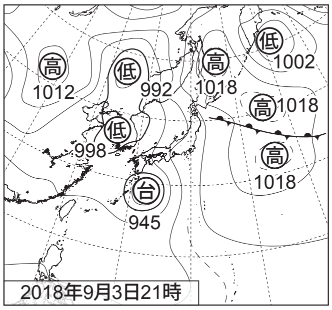
台風は，北西太平洋または南シナ海にあって，最大風速が約 17m/s 以上の＿＿＿低気圧である。
台風は，大雨による水害，土砂災害のほか，強風による被害をもたらすことも多い。
高潮は，気圧の＿＿＿による吸い上げと，風による＿＿＿＿が原因となって発生する。

Chapter2　演習問題

□　台風の経路と高潮

台風は私たちの生活に大きな影響を与えるため，気象庁が進路予想を発表します。今回の演習問題では，台風の進路と高潮との関係について考えてみましょう。



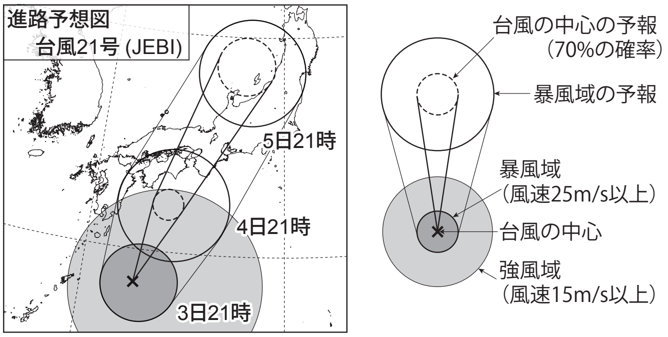


※

問題(1)　上の図は，ある秋の日の気象衛星の赤外画像と天気図です。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

三陸沖には（停滞前線 / 寒冷前線）が東西にのびている。また，四国の南の海上には台風があり，沖縄では（西より / 東より）の風が吹いていると考えられる。

※出典：
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター，気象庁の公開データから作成



出典：気象庁

問題⑵　上の図は，前ページの天気図の時刻における台風の進路予想図です。この図によると，台風の中心の通ると予想される範囲はある程度の幅をもっています。台風の中心がその範囲のうち西側を通った場合と東側を通った場合のうち，大阪湾で高潮の危険性がより大きいのはどちらでしょうか。大阪湾における風向きを考えて答えましょう。

講師からのMessage

今回の演習問題で取り上げた 2018 年台風 21 号は，西日本から北日本にかけての広い範囲で強風による被害をもたらしました。また，台風の影響で潮位が大阪で 277cm，神戸でも 181cm 高くなり，関西国際空港や神戸港などの施設で浸水が発生しました。

第 11 講 PART5　確認問題

問 1　日本の秋には台風が接近することが多くなる。台風は，北西太平洋または南シナ海に存在する熱帯低気圧のうち，最大風速が約（　ア　）m/s 以上のものとされている。低緯度で発生した台風は，貿易風によって（　イ　）へ進み，太平洋高気圧に沿って北上して中緯度に達すると，偏西風によって（　ウ　）へ進むことが多い。

　また，秋の日本列島には，秋雨前線がとどまることがある。秋雨前線と台風の発生が重なると，前線付近での雲の発達が盛んになって大雨になることがある。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　14　　②　17　　③　20　　④　24

(2)　空欄イにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　南から北　　②　北から南　　③　東から西　　④　西から東

(3)　空欄ウにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　南から北　　②　北から南　　③　東から西　　④　西から東

(4)　台風の接近に伴い，気圧の低下による海面の吸い上げ効果と，強風による海水の吹きよせ効果が原因で海面が上昇する現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　津波　　②　洪水　　③　高潮　　④　高波

< Note >

PART6 日本の火山災害

目標　火山の噴火による代表的な災害と，噴火警戒レベルについて説明できる

Chapter1　日本の火山災害

1　火山噴火と災害

第３講では，さまざまな火山噴出物や噴火の様式について学びました。

→　火山の噴火によって，日本ではどのような災害が起こっているのでしょうか？

講師からのMessage

火山については第３講で学んでいます。使われる用語を忘れてしまった人は，復習しておきましょう！

・**溶岩流**

SiO_2 の比較的（多く / 少なく）粘性の（高い / 低い）溶岩が，高温のまま地表を流れる。流れはふつう遅く，人的被害は生じにくいが，建物や農地などへの被害は大きい。

例：伊豆大島（1986 年）

出典：気象庁 ウェブサイト

・**火砕流**

火山ガスと火山砕屑物の混ざったものが，高温かつ高速で地表を流れる。速さは時速 100km を超えることもあり，人的・物的被害が非常に大きい。

例：雲仙普賢岳（1993 年）

出典：東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター 研究レポート

・**火山泥流**

堆積していた火山砕屑物が，雨水や噴火による雪どけ水と混ざって高速で地表を流れる。速さは時速数十 km と速く，人的被害を生じることもある。また，谷に沿って遠方まで流れること

出典：気象庁 ウェブサイト

がある。特に雨を原因とする場合には土石流とよばれることもある。

例：有珠山（2000 年）

・**火砕物降下（大きな噴石，火山灰）**

火口から数 km までの範囲には，直径数十 cm 以上の大きな火山砕屑物が飛散することがある。このような大きな火山砕屑物を，気象庁は「大きな噴石」とよんでいる。これらは建物の屋根を突き破ることもあり，生命に対する危険性が高い。

毎日新聞社提供

例：阿蘇山（2016 年）

また，火山灰などの小さな火山砕屑物は，風に乗って遠方まで飛散することがある。火山灰は健康被害を生じることもあるほか，農作物や交通網に影響を与えることがある。

例：桜島（2021 年）

2　火山活動の監視

・**噴火警戒レベル**

気象庁は，全国の活火山のうち特に監視の重要度が高い火山について，警戒が必要な範囲を表す噴火警戒レベルを設定している。

名称	対象範囲	噴火警戒レベル とキーワード	
噴火警報(居住区域) または 噴火警報	居住地域およびそれより火口側	レベル 5	避難
		レベル 4	高齢者等避難
噴火警報(火口周辺) または 火口周辺警報	火口から居住地域近くまで	レベル 3	入山規制
	火口周辺	レベル 2	火口周辺規制
噴火予報	火口内など	レベル 1	活火山であることに留意

出典：気象庁リーフレット「噴火警報と噴火警戒レベル」

講師からのMessage

空中を飛散する大きな火山砕屑物は，風の影響をあまり受けずに放物線のような軌道を描きます。

火砕流・火山泥流・大きな噴石は，いずれも発生してからの避難が難しい現象です。発生の危険性を事前に知るために，地形のわずかな変化や火山性の地震の観測や，河川の上流部での火山泥流の検知などが行われています！

知っておこう

その他の火山災害の例

有毒な火山ガスが放出されると，周辺からの長期間にわたる立ち退きが必要になることもあります（例:三宅島（2000 年））。

また，海底火山の噴火により大量の軽石（気泡が多く水に浮く，白っぽい火山砕屑物）が放出されると，それが海流によって広範囲に流されて，漁業や観光業に影響を与えることもあります（例：福徳岡ノ場（2021 年））。

まとめ

火山の噴火はさまざまな災害をもたらす。

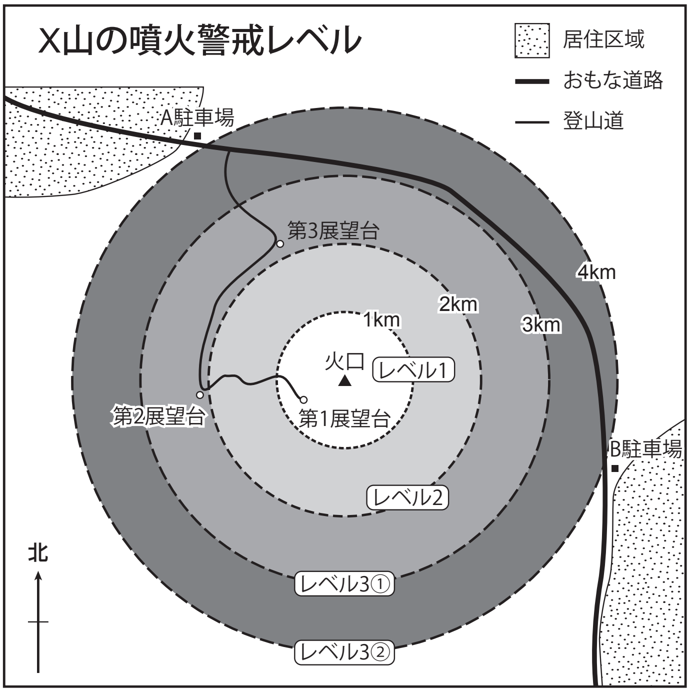
特に，＿＿＿＿＿は火山ガスと火山砕屑物が混ざった高温・高速の流れであり，大きな被害をもたらすことがある。

気象庁は，特に監視の重要度が高い活火山について，警戒が必要な範囲を 5 段階で表す＿＿＿＿＿＿＿＿＿を設定している。

Chapter2　演習問題

□　火山活動と私たちの行動

日本列島の火山の多くは観光地にもなっています。そこで，今回の演習問題では，仮想的な噴火警戒レベルの図を用いて，火山活動と私たちの行動について考えてみましょう。



レベル5（避難）：
危険な居住地域からの避難等が必要

レベル4（高齢者等避難）：
警戒が必要な居住地域からの避難準備，
避難行動要配慮者の避難等が必要

レベル3（入山規制）：
火山活動に応じて，火口から①3kmまたは②4kmの範囲の立入規制

レベル2（火口周辺規制）：
火口から2kmまでの範囲の立入規制

レベル1（活火山であることに留意）：
火口から1kmまでの範囲の立入規制
（ただし，第1展望台周辺と登山道を除く）

講師からのMessage

噴火警戒レベルの設定されている火山については，左のような「噴火警戒レベルリーフレット」を気象庁の Web サイトで見ることができます。
自分の住んでいるところの近くの火山や，行ってみたい火山のものを確認してみましょう！

問題(1) X山では，過去の噴火においてさまざまな方角へと溶岩流が流れたことがわかっています。また，山頂から大きな噴石が飛散したり，小さな火山砕屑物が山全体に降り注ぐような大規模な噴火が発生したこともあります。X山は，盾状火山，成層火山，溶岩ドームのうちどれでしょうか。

問題(2) X山を観光のために訪れる計画を立てていたPさんは，前ページの噴火警戒レベルの図と，気象庁の発表している火山活動の状況を照らし合わせました。立ち入り規制が前ページの図の通りであったとして，次のそれぞれの文の考えが適切（○）か適切でない（×）かを判断してください。

a　噴火警戒レベルが1だったので，第1展望台に行くことはできないと判断した。　（○ / ×）

b　噴火警戒レベルが2だったので，天候により第2展望台か第3展望台まで行くことにした。　（○ / ×）

c　噴火警戒レベルが3だったので，A駐車場とB駐車場の間の道路が通れるかどうかは自己責任で判断することにした。　（○ / ×）

講師からのMessage

実際の立ち入り規制は，現地の自治体が決定します。状況により事前に公表されている資料と異なることもあるので，現地の最新の指示にしたがって行動してくださいね！

第 11 講　PART6　確認問題

問 1　火山は景観の豊かさや温泉など様々な恩恵を与えてくれる半面，一度噴火が始まると様々な災害をもたらす。火口周辺の地域では，a 火山ガスや溶岩，火山砕屑物などが地表を流れる現象により人的にも物的にも大きな被害が出ることがある。また，火口から数 km の範囲でも，直径数十 cm 以上の大きな火山砕屑物が飛散し，建物が破壊されることもあり，生命に対する危険性が高い。(　ア　)などの小さな火山砕屑物は，風によってさらに遠方まで運ばれることがあり，健康被害をもたらし，農作物や交通に影響を与えることがある。このような被害は，実際に噴火が起こってからでは防ぐことが難しく，事前に危険性を知るために，全国の活火山で監視が行われている。

(1)　下線部 a に関して，SiO_2 の割合が比較的少なく，粘性の低い溶岩が高温のまま地表を流れる現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　溶岩流　　②　火山泥流　　③　火砕流　　④　乱泥流

(2)　下線部 a に関して，火山ガスと火山砕屑物の混ざったものが高温かつ高速で地表を流れる現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　溶岩流　　②　火山泥流　　③　火砕流　　④　乱泥流

(3)　下線部 a に関して，堆積していた火山砕屑物が雨水や雪どけ水と混ざって高速で地表を流れる現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　溶岩流　　②　火山泥流　　③　火砕流　　④　乱泥流

(4)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　火山弾　　②　火山礫　　③　火山岩塊　　④　火山灰

< Note >

PART7 日本の地震災害

目標　津波の原因や特徴および，緊急地震速報のしくみについて説明できる

Chapter1　日本の地震災害

1　地震と災害

第 4 講では，地震について学びました。日本列島の周辺では世界の地震の 1 割以上が発生しており，日本列島は地震による災害が発生しやすい場所だといえます。

→　地震によって，日本ではどのような災害が起こっているのでしょうか？

講師からのMessage
地震に関する用語など，忘れているものがあれば第 4 講を復習してください！

・**地震にともなう土砂災害**

日本列島には山地が多く，内陸部で地震が発生すると土砂災害が発生しやすい。

例：北海道胆振（いぶり）東部地震（2018 年）

出典：北海道ウェブサイト

また，崩れた土砂が川をせき止めると天然のダム〔土砂ダム〕が形成され，上流部の水没を引き起こしたり，土砂ダムの崩壊によって下流に土石流を生じたりする危険性がある。

例：岩手・宮城内陸地震（2008 年）

出典：国土交通省

・**津波**

海の地下浅いところで発生するプレート境界の地震では，海底の広い範囲で急激な隆起や沈降が起こる。このとき，海面までのすべての海水が動かされ，この海水が元に戻ろうとすることで発生する波が**津波**である。

津波の波長は数十～数百 km と非常に長い。この波の周期は数分～数十分であり，一度波が引いた後にも時間をおいて何度も押し寄せることがある。また，第 2 波以降の波が最も高いことも

知っておこう
津波は引き波から？
押し上げられた海水が元に戻る場合には押し波，引き下げられた海水が元に戻る場合には引き波から始まります。どちらの可能性もあるので，注意が必要です！

あるので，一度波が引いても十分な警戒が必要である。

また，津波の速さは水深が小さくなるほど遅くなり，沖合では時速（数百 / 数千）km に達するが，海岸付近では時速数十 km となる。反対に，津波の高さは水深が小さくなるほど高くなり，2011 年の東北地方太平洋沖地震では最大約 20m に達した。

・**建物の倒壊や家具の転倒**

陸のプレート内の地震では，震源と私たちの生活場所が近いため，地震波があまり弱まらずに到達して大きなゆれをもたらすことがある。建物の耐震補強を進めるとともに，家具の転倒防止を行うことも重要である。

写真提供：神戸市

例：兵庫県南部地震（1995 年）

・**地震による火災**

地震による火災は，同時に多くの場所で発生するため消火が困難となりやすい。また，倒壊した建物のがれきは消火活動の妨げや，火が燃え広がる原因となる。

写真提供：神戸市

例：兵庫県南部地震（1995 年）

2　地震の被害を減らすために

・**緊急地震速報**

地震波のうち，主要動をもたらす S 波の速度は P 波と比べて小さい。そのため，地震が発生したときに，P 波から推定された震源の情報を用いて震源から離れた地点のゆれを予測すれば，実際に S 波が到達する前にゆれに備えることができる。この予測を知らせる速報が**緊急地震速報**であり，気象庁によって発表される。

知っておこう

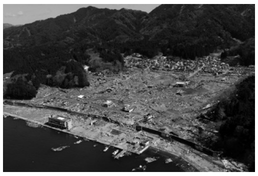
津波フラッグ

気象庁により津波警報などが発表されたときに，海水浴場や海岸付近で赤と白の津波フラッグが掲示されることがあります。この旗が掲示されたときには，速やかに海から離れて高台へと避難してください！

講師からのMessage

津波のエネルギーは非常に大きく，広い範囲の建物を破壊します。このとき，火のついたがれきなどが原因となって火災が発生することがあります。これを津波火災といい，津波による浸水地域では多く発生します。

津波の到達予想時刻までに余裕がない場合には津波避難ビルに指定されているような頑丈な建物に逃げ込みますが，津波からの避難の基本は一刻も早い高台への避難です！



↑東北地方太平洋沖地震（2011 年）の津波と津波火災によって沿岸部がほぼ更地となった地区

出典：東北地方整備局

200024：山田町

まとめ

地震はさまざまな災害をもたらす。

津波は，海底の急激な隆起や沈降により，海面までの海水全体が動いて生じる波である。

津波の速さは水深が小さいほど_____，津波の高さは水深が小さいほど_____。

緊急地震速報は，地震波のうち_____から推定された震源の情報を用いて，主要動のゆれを予測する速報である。

Chapter2　演習問題

□　地震に関するさまざまな知識

日本列島では地震が多く発生し，私たちが知っておくべきこともたくさんあります。そこで，今回の演習問題では，地震に関する知識を確認してみましょう。

問題(1)　地震の震度やマグニチュードについて説明した次のそれぞれの文の下線部に着目して，その部分が適切（○）か適切でない（×）かを判断してください。

a　震度はゆれの強さを表すもので，震度０から震度７までの<u>８段階</u>である。　（○ / ×）

b　震度は震源に近いところほど大きい傾向があるが，地盤の<u>かたい</u>ところでは特にゆれが大きくなりやすい。　（○ / ×）

c　マグニチュードは地震の規模を表す値で，<u>観測点</u>ごとに１つ求められる。　（○ / ×）

d　マグニチュード８の地震のエネルギーは，マグニチュード６の地震のエネルギーの<u>1000倍</u>である。　（○ / ×）

問題⑵　緊急地震速報について説明した次のそれぞれの文が適切（○）か適切でない（×）かを判断してください。

a　緊急地震速報は，地震の予知である。　（○ / ×）

b　震源に近い場所では，主要動が始まってから緊急地震速報を受信することがある。　（○ / ×）

問題⑶　液状化現象について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

埋め立て地や川沿いなどの砂の層は，粒子のすき間に多くの水を含んでいる。このような地域で大きなゆれが生じると，水を含んだ砂の層全体が液体のように流動的な状態となる。この現象を液状化現象という。

液状化現象が発生すると，地下に埋まっている下水管やマンホールなどの比較的密度が（大きな / 小さな）ものは浮き上がることがある。

講師からのMessage

1995 年の兵庫県南部地震では，神戸市の人工島の広い範囲で液状化現象が発生しました。下の写真では，道路や駐車場が水浸しになっているようすがわかります。この水は大雨による浸水でも高潮でもなく，液状化現象によって地下から出てきたものなんですよ！

写真提供：神戸市

第11講　PART7　確認問題

問１　大きな地震が起こると，強いゆれにより，a 様々な災害が発生する。海底の地下の浅いところで発生した地震では，津波が発生することがある。津波の速度は水深が深くなるほど（　ア　）なり，津波の高さは水深が浅いほど（　イ　）なる。また，地震による火災は多くの場所で同時多発的に発生するので，消火作業が困難となり，被害が広がりやすい。

国は，地震の被害を減らすために様々な情報を発信して減災に務めている。気象庁から発表される緊急地震速報では，地震波のうち，（　ウ　）の速度が（　エ　）の速度より小さいので，（　オ　）から得られた情報を用いて，各地点での（　カ　）の到達を予測している。

⑴　下線部ａについて，内陸部で発生した大きな地震により山地で生じることの多い被害として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　津波　　②　地すべり　　③　液状化現象　　④　火砕流

⑵　空欄ア，イにあてはまる語の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ア　大きく　　イ　高く　　②　ア　大きく　　イ　低く
③　ア　小さく　　イ　高く　　④　ア　小さく　　イ　低く

⑶　空欄ウ～カにあてはまる語の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　ウ　Ｐ波　　エ　Ｓ波　　オ　Ｐ波　　カ　Ｓ波
②　ウ　Ｐ波　　エ　Ｓ波　　オ　Ｓ波　　カ　Ｐ波
③　ウ　Ｓ波　　エ　Ｐ波　　オ　Ｐ波　　カ　Ｓ波
④　ウ　Ｓ波　　エ　Ｐ波　　オ　Ｓ波　　カ　Ｐ波

< Note >

PART8 ハザードマップ

目標　ハザードマップおよび警戒レベルとは何かについて説明できる

Chapter1　ハザードマップ

1　減災・防災のために

日本列島では気象現象，火山活動，地震活動などによってさまざまな災害が発生します。

→　台風や火山噴火を止めることはできませんが，災害の被害を減らすために私たちにできることはないでしょうか？

・**自然災害への備え**

自然災害への備えとして重要なこととして，

・自分の身を守ること〔**自助**〕

・身の回りの人と助け合うこと〔**共助**〕

が挙げられる。

自分の身が守れないと他人を助けることもできないので，まず自分の身を守るための行動を考えておくことが大切である。

・**ハザードマップ**

水や土石流などは高いところから低いところへと流れるので，コンピューターシミュレーションなどである程度予測できる。また，火山の噴火や津波などについては，堆積物から過去の被災区域を調べることで，今後の危険性をある程度推測することができる。

このようにして，災害が発生したときにどのような被害が生じるかを事前に予測し，地図上に示したものをハザードマップという。ハザードマップには，避難場所や避難経路なども記されていることがある。

ハザードマップは想定される災害についての情報を示してくれるが，実際の災害が完全に想定通りになるとは限らないし，個人の避難の仕方を細かく示しているわけでもない。ハザードマップ

講師からのMessage

ハザードマップは自治体のWeb サイトなどで配布されており，防災マップ，被害想定図などとよばれていることもあります。

国土交通省の「ハザードマップポータルサイト」から全国のハザードマップを見ることができるので，自分の身近な地域にどのようなハザードマップが作られているか，ぜひ確認してみましょう！

を参考にして，日ごろから自分の家や通学の経路などの安全性を考え，災害時の避難の方法を考えておくことが重要である。

・**警戒レベル**

PART6 で学んだ噴火だけでなく気象災害についても，災害にかかわる状況や住民が取るべき行動を表す「警戒レベル」が設定されている。噴火警戒レベルとは，レベルと行動との対応関係が異なっている。

レベル 5	命を守る緊急の行動を（危険度分布：黒）	自治体の「**緊急安全確保**」 気象庁の「大雨特別警報」など
レベル**5** になる前には避難完了！		
レベル 4	危険な場所から避難（危険度分布：紫）	自治体の「**避難指示**」 気象庁の「土砂災害警戒情報」など
レベル 3	危険な場所から高齢者等は避難（危険度分布：赤）	自治体の「**高齢者等避難**」 気象庁の「大雨警報（土砂災害）」など
レベル 2	避難行動の確認・避難準備（危険度分布：黄）	気象庁の「注意報」
レベル 1	時間のかかる準備を開始	気象庁の「早期注意情報」

自治体からの情報は，ある程度の範囲の住民に対してまとめて出される。個人や家庭によって状況は異なるので，自分から情報を収集して行動することが重要である。

まとめ

災害が発生したときにどのような被害が生じるかを予測し，地図上に示したものを＿＿＿＿＿＿＿＿という。
市町村等や気象庁は，災害にかかわる状況や住民がとるべき行動を 5 段階の警戒レベルを用いて表している。
私たちは，警戒レベルが＿＿になる前に避難を完了できるように，自分から情報を収集して行動することが重要である。

講師からのMessage

警戒レベル 3 に「高齢者等」とありますが，これは「避難に時間や補助を要する人」ということです。
警戒レベル 4 相当になってから災害発生までの時間は，災害にもよりますが 2 ～ 3 時間以内しかありません。高齢者以外であっても，さまざまな事情で避難に時間のかかる人は警戒レベル 3 のうちに避難を始めることが大切です。
なお，「避難」できる場所は避難所だけではありません。安全が確保されている親戚・知人の家という選択肢もあります。日ごろから，災害時のための相談をしておくとよいですね！

知っておこう

防災情報の Web サイト
気象庁の「あなたの街の防災情報」では，雨の降り方や土砂災害の危険度などを確認できます。また，国土交通省の「川の防災情報」では，川の詳細な水位やライブ映像などを確認できます。どのような情報が得られるのか，事前にチェックしてみましょう！

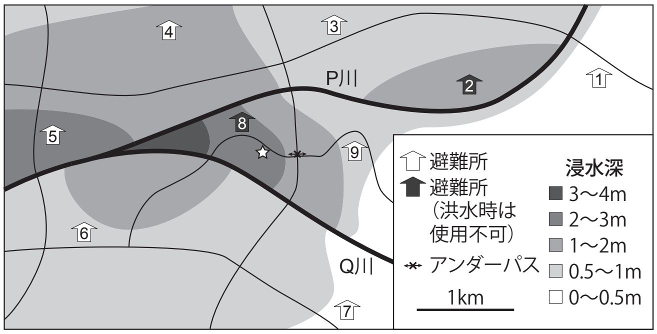
Chapter2　演習問題

□　マイ・タイムライン

地震のようにほとんど前兆もなく一瞬にして起きる災害とは異なり，台風に伴う河川の増水と氾濫は，時間とともに状況が変化します。そのため，住民一人ひとりが「いつ」「何をするか」を事前に調べ，考え，整理しておくことで，実際の災害時の行動の助けとすることができます。このようにして作成した個人の行動計画をマイ・タイムラインといい，「自分の命を自分で守る」ための一つの道具となります。

ここでは，ある地域の仮想的なハザードマップを用いて，マイ・タイムラインをつくる過程を学びましょう。

A区 洪水ハザードマップ



※200年に1度程度の大雨（24時間に500mm）を想定したものです。
※アンダーパス：道路の下を道路がくぐる場所で，大雨が降ると道路が冠水するため通行止めとなります。
※避難所の番号は裏面の表と対応しています。【注：問題では省略】

問題(1)　上の図は，ある地域の仮想的なハザードマップです。図の中央付近にある☆印はＳさんの自宅の場所を表しています。Ｓさんの自宅は，およそ何ｍの浸水が予想されているかを読み取ってください。

知ってておこう

浸水深

建物によって異なるのであくまで目安ですが，次のようなイメージです。

1m…一般的な木造家屋の１階の椅子まで
3m…集合住宅の２階の床まで
6m…２階建ての木造家屋の屋根全体まで

浸水深の想定に誤差があることも考えると，木造家屋や集合住宅の１～２階では事前の避難がとても重要であることがわかりますね！

問題(2)　大雨の時に道路を通って避難を行うことができる避難所のうち，S さんの自宅から最も近くにあるものは何番の避難所でしょうか。ただし，地図上の細い黒線は道路を示し，避難のときは図中の道路のみを通るものとします。

問題(3)　台風が発生し，大雨による洪水が発生するまでを時間の順に示したものが下の表です。この表の中に，S さんがとるべき行動①～④を書き込みましょう。ただし，S さんは両親と 3 人暮らしで，台風接近時には 3 人とも自宅にいるものとします。また，3 人とも(2)の避難所に歩いて避難し，避難に支障のある障がいや病気・けがなどはないものとします。

行動のリスト：

① 避難を始める
② 川の水位や降水量を調べ始める
③ 避難時の持ち物の不足分を買いに行く
④ 台風の進路を調べ始める

洪水まで	警戒レベル	行動
3 ～ 5 日	1（早期注意情報）	
1 ～ 3 日	2（氾濫注意情報）	
半日～ 1 日	3（氾濫警戒情報）	
数時間	4（氾濫危険情報）	
0 時間	5（氾濫発生情報）	

問題(4)　上の表に加えて, どのような情報や準備が必要でしょうか。自分の場合に置き換えて，家族や身の回りの人と相談しながら考えてみましょう。

知っておこう

内水氾濫（ないすい）

「氾濫」というと，大きな川の水があふれるイメージがありますよね。これを「外水氾濫（がいすいはんらん）」と呼ぶことがあります。

では「内水氾濫」とは何でしょうか。これは，降った雨が下水道に入りきらなかったり，下水道や小さな川の水を大きな川に流しきれなかったりすることなどで起こる浸水のことです。

日本の都市部の下水道の多くは，5 年～ 10 年に 1 度の大雨〔地域によりますが，1 時間に 50mm 前後〕に対応できることを目標として整備されています。近年ではこれをはるかに超える大雨も珍しくないため，大きな川から離れた場所でも内水氾濫の危険性がある，ということになります。

特に危険な地域では「内水ハザードマップ」が公開されていることもあるので，チェックしてみましょう！

第11講　PART8　確認問題

問1　ハザードマップは（　ア　）であり，全国の自治体で作成，配布されている。

防災情報では，住民が自ら の命を守るために取るべき避難行動を直感的に理解できるようにすることを目的として，「警戒レベル」が設定されている。住民が自ら危機意識をもち，警戒レベルを参考にして a 積極的避難を心がける必要がある。

(1)　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　過去の歴史的な災害の被害を取りまとめ，後世に残すための地図

②　気づかない間に進行しつつある自然災害を，住民に知らせるための地図

③　災害発生時に支援や復旧の助けとなるように，被害状況を地図上に示したもの

④　災害が発生したときに生じる可能性のある被害を予測し，地図上に示したもの

(2)　ハザードマップに関する記述として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　洪水，津波，火山など災害の種類別に作成されている。

②　避難場所や避難経路が示されているものもある。

③　作成のためにはコンピューターシミュレーションや堆積物の記録などが用いられる。

④　災害の起こる日時や被害を正確に予測したものである。

(3)　下線部 a に関して，警戒レベルの数値がいくつになる前に避難を完了させることが望ましいか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　2　　②　3　　③　4　　④　5

< Note >

PART9 日本列島と自然の恵み

目標　日本列島の自然環境と，天然資源との関係について説明できる

Chapter1　日本列島と自然の恵み

1　日本列島の景観

世界的に見てあまり広いとは言えない日本列島ですが，地域によって異なるさまざまな景観がみられます。

→　日本列島の景観は，どのようにしてつくられるのでしょうか？

・**山地の景観**

プレートの（発散境界 / 収束境界）にあたる日本列島では，広い地域で隆起がさかんである。また，特に東北地方から中部地方にかけては，(火山前線 / ホットスポット）に沿って火山が多く分布する。

また，太平洋の西の端にあたり，降水量が比較的多いことから，川による（変成作用 / 侵食作用）でＶ字谷が形成される。

さらに，東アジアにある日本列島は夏と冬で風向が大きく変化する（偏西風 / 季節風）の影響を受け，年間を通じた気温や降水量の変化が大きい。そのため，山をおおう植物のようすも季節によって大きく変化するという特徴がある。

・**海沿いの景観**

隆起がさかんな海岸では階段状の地形である海岸段丘が形成されることがある。また，沈降がさかんな海岸では，かつての海沿いの谷に海水が入り込むことで複雑な形の海岸線をもつリアス海岸となることがある。

また，山地から海へと運搬された土砂が海岸付近の海流によって運ばれ，それが堆積することで砂浜や砂州が形成される地域もある。〔例：天橋立（京都府)〕

さらに，温暖できれいな海ではサンゴ礁が発達する地域もある。〔例：白保サンゴ礁（沖縄県)〕

講師からのMessage

このPARTは，これまでに学んださまざまな内容のまとめにもなっています。忘れていることがあれば，見直しておいてくださいね！

2　日本列島の天然資源

日本は石油や鉄鉱石など多くの天然資源を輸入に頼っていますが，日本列島ならではの豊富な天然資源も存在します。

→　私たちは，どのような天然資源の恩恵を受けているでしょうか？

・**水資源**

私たちは，淡水〔塩分を含まない水〕を利用している。地球上には大量の水が存在しているが，その約 97% は海水，残りのほとんども氷〔氷河や氷床〕と地下水であり，利用しやすい川や湖などの水は全体の 0.01% 程度に過ぎない。

日本列島は降水量が世界平均の約 2 倍と豊富であり，年間を通して降る雨の水や，春の雪どけ水が農業，工業，生活などに利用されている。

・**エネルギー資源**

日本列島において，石炭，石油，天然ガスといった化石燃料の採掘はほとんど行われていない。化石燃料は過去の堆積物が続成作用を受けることで形成され、それを採掘して利用するものであり，採掘できる量に限りがある。また，化石燃料の燃焼は二酸化炭素を排出して地球温暖化の原因となるため，使用量の削減が国際的な課題となっている。

化石燃料のような限りのあるエネルギーに対して，自然の力で持続的に補充されるエネルギーを再生可能エネルギーという。日本列島でも，地域によって特徴的な環境を生かして風力発電，太陽光発電，地熱発電といった再生可能エネルギーによる発電量が増加しつつある。

講師からのMessage

第 10 講で扱った SDGs〔持続可能な開発目標〕の中に,「安全な水とトイレを世界中に」というものがありました。多くの人が安全な水を豊富に使える環境は，世界的にみると当たり前のことではないんですよ！

まとめ

プレートの収束境界にあたる日本列島では，隆起や沈降，火山活動に加えて，川による侵食作用などによって，起伏の多い地形が形成されている。
日本列島は年間を通じて降水量が比較的多く，その水が農業，工業，生活などに利用されている。
自然の力で持続的に補充されるエネルギーを＿＿＿＿＿＿エネルギーという。日本列島でも，風力発電，太陽光発電，地熱発電などの発電量が増加しつつある。

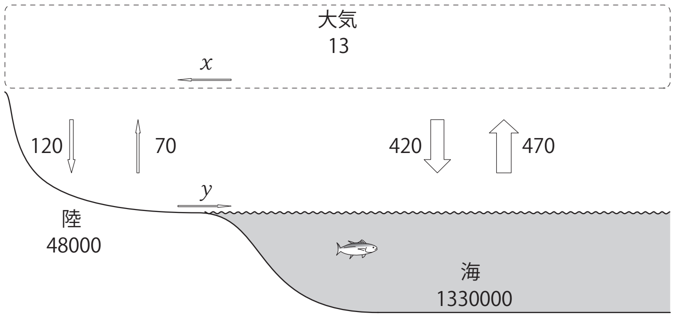
Chapter2　演習問題

□　水循環

川の水がつねに流れてもなくならないのは，上流の水が地表や地下を流れて川へと注いでいるからです。そして，その上流の水は，もともと大気中に水蒸気として存在していたものが雨や雪などとして降ってきたものです。

このように，私たちが日々当たり前のように使っている水は，ただ「そこにある」ものではなく，状態を変えながら地球上をめぐっているものです。そのように地球上をめぐる水の動きのことを水循環といいます。

今回の演習問題では，水循環について考えてみましょう。



海・陸・大気の水の量の単位：10^{15}kg
矢印の表す水の輸送量の単位：10^{15}kg/年

講師からのMessage

地球上の物質の多くは，水と同じように循環しています。

たとえば，炭素は火山ガスとして地球内部から大気に出てきて，二酸化炭素が水に溶け，化学反応を経て石灰岩として地球内部へと戻っていきます。これを炭素循環とよびます。

地球上のさまざまな物質がどのように循環しているのか，そして，人間活動がそれをどのように変化させているのかを知ることは，地球環境問題を考える上で重要な研究分野の一つになっています！

問題(1)　上の図の数値がすべて正確な値だとして，地球の表層〔海・陸・大気〕にある水全体のうち，海にある水の占める割合は何 % かを求めてください。結果は小数第一位を四捨五入して答えましょう。

☞　割合の計算がよくわからない人は，第 12 講「地学基礎のための数学」を見てくださいね！

問題⑵ 前ページの図は，地球の表層における大まかな水循環のようすを示したものです。この図に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。また，[　　　] にあてはまる値を求めてください。

まず，海と大気の間の水のやり取りに着目しよう。上向きの矢印は海面から蒸発する水の量を表しており，下向きの矢印は海面へと降る雨や雪の量を表している。これらを比べると，蒸発する水の量の方が [　　　] $\times 10^{15}$kg/年だけ（多い / 少ない)。よって，海と大気の間の水のやり取りにおいて，海の水は毎年この分だけ（増加 / 減少）し，大気の水は同じだけ（増加 / 減少）するといえる。

次に，陸と大気の間の水のやり取りに着目しよう。上向きの矢印は陸面から蒸発する水の量を表しており，下向きの矢印は陸面へと降る雨や雪の量を表している。これらを比べると，蒸発する水の量の方が [　　　] $\times 10^{15}$kg/年だけ（多い / 少ない)。よって，陸と大気の間の水のやり取りにおいて，陸の水は毎年この分だけ（増加 / 減少）し，大気の水は同じだけ（増加 / 減少）するといえる。

問題⑶ 海・陸・大気にある水の量は，前ページの図に書かれている値のまま変化しないと考えます。⑵を参考にして，図中の x，y の値を求めましょう。ただし，x は大気中で海の上から陸の上へと移動する水の量，y は陸から海へと移動する水の量を表します。

ここがPOINT

水の量が変化しないということは，出入りの量がつり合っているということです。

つり合いを考えるという意味では，第 6 講の熱収支と同じ考え方ができますね！

第11講　PART9　確認問題

問1　プレートの収束境界にあたる日本列島では，隆起や沈降，a 火山活動に加えて，川による b 侵食作用などによって，起伏の多い地形が形成されている。

地球上に存在する水のうち，人類が利用しやすい形の水は（　ア　）％程度に過ぎないが，日本列島は年間を通じて降水量が多く，水資源には恵まれている。

日本では，石炭や石油，天然ガスなどの化石燃料の採掘はほとんど行われておらず，輸入に頼っている。化石燃料の燃焼による二酸化炭素の排出が地球温暖化の原因となるため，c 再生可能エネルギーの開発，利用が進められている。

(1)　下線部ａに関して，火山分布の海溝側の限界線を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　火山前線　　②　停滞前線　　③　温暖前線　　④　ホットスポット

(2)　下線部ｂに関して，侵食作用により山間部で形成される地形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　扇状地　　②　三角州　　③　Ｖ字谷　　④　砂州

(3)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　0.01　　②　0.1　　③　1　　④　10

(4)　下線部ｃのエネルギーに**含まれないもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　太陽光エネルギー　　②　原子力エネルギー

③　地熱エネルギー　　④　風力エネルギー

< Note >

第12講 地学基礎のための基礎知識
PART1 地学基礎のための数学

目標 比例の考え方を用いて，割合や速さについての等式を正しく立てることができる。

Chapter1　比例と反比例

1　比例の考え方　(小学算数・中学数学)

・**例題 1：お菓子の個数**

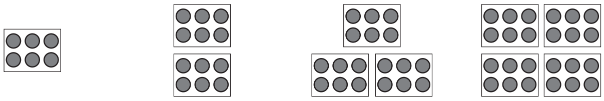
6 つのお菓子が入った箱がたくさんある。

(1)　4 箱集めたとき，お菓子は全部で何個でしょうか。

(2)　x 箱集めたとき，お菓子が全部で y 個だとします。y を x で表しましょう。

(解答)

(1)



1箱	2箱	3箱	4箱
6個	6個×2＝12個	6個×3＝18個	＿＿＿＿

(2)

1 箱あたり 6 個のお菓子が入っているので，(1)と同じように，

$$6 \times x = y$$

つまり，

$$y = 6x$$

と表せる。

・**例題 2：岩石の質量**

ある岩石は，$1\,\mathrm{cm}^3$ あたり 3 g です。

(1)　この岩石の体積が $500\,\mathrm{cm}^3$ のとき，何 g でしょうか。

(2)　この岩石の体積が $x\,\mathrm{cm}^3$ のとき，y g だとします。y を x で表しましょう。

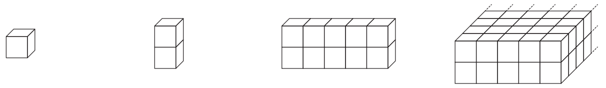
講師からのMessage

比例・割合・速さについては，小学 5 年生の算数から中学数学までで学んでいます。

しっかりと復習したい人は，そこまでさかのぼってみてください！

(解答)

(1)



$1cm^3$	$2cm^3$	$10cm^3$	$500cm^3$
3g	3g×2＝6g	3g×10＝30g	________

(2)

$1cm^3$ あたり 3 g の質量なので，(1)と同じように，

$$3 \times x = y$$

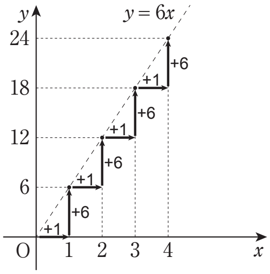
つまり，　$y = 3x$

と表せる。

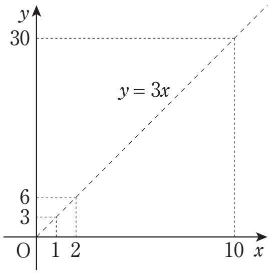
・ **比例のグラフ**

例題 1 も例題 2 も，$y = ax$ の形の式になっている。この x と y の関係を**比例**という。

例題1



例題2



→例題 1 も例題 2 も，

・x が 0 のとき y が 0 となる。つまり，グラフは原点を通る。

・x が 1 増えるごとに y が一定の量 a だけ増える。つまり，グラフは（直線 / 放物線）となる。x が 1 増えるごとに y が増える量 a を，$y = ax$ の**傾き**という。

まとめ

x が 0 のとき y が 0 で，x が 1 増えるごとに y が a 増えるとき，$y = ax$ と表せる。
このとき，x と y は比例するといい，xy 平面上のグラフは原点を通る直線となる。
a を直線 $y = ax$ の傾きといい，x が 1 増えるごとに y が増える量を表す。

Chapter2　割合と速さ

2　比例と割合や速さ　（小学算数・中学数学）

・**例題 3：海水の塩分**

ある海水には，1kg あたり a kg の食塩が含まれています。

⑴　この海水を x kg 集めたとき，食塩が y kg 含まれているとします。y を a と x で表しましょう。

⑵　この海水を 5kg 集めたとき，食塩が 0.15kg 含まれていました。⑴を用いて，1kg あたりの食塩の量 a kg を求めましょう。値は小数で求めて，分母を 100 とした分数でも表してみましょう。

（解答）

⑴　海水 1kg あたり a kg の食塩が含まれているので，例題 1 や例題 2 と同じようにして，

$$a \times x = y$$

つまり，

$$y = ax$$

と表せる。

⑵　$x = 5$ のとき $y = 0.15$ なので，これらを⑴の結果に代入して

$$\begin{aligned} 0.15 &= a \times 5 \\ a &= 0.15 \div 5 \\ &= 0.03 \\ &= \frac{3}{100} \end{aligned}$$

と求められる。

・**割合の考え方**

例題 3〔海水 x kg, 食塩 y kg〕の場合，食塩は海水の一部〔成分〕になっている。このとき，a のことを「海水に占める食塩の割合」とよぶことがある。

$$y = ax \text{ より}$$

$$a = \frac{y}{x}$$

であり, 割合 a は「全体〔x〕を 1 としたときの y の値」だといえる。割合は小数でも表せるが，分数や百分率で表すことが多い。

※百分率

例題 3 の結果のように割合を

$$a = \frac{n}{100}$$

の形で表せるとき, これを n% といい, この表し方を**百分率**とよぶ。

$$n = 100a$$

講師からのMessage

小数を分数に直したいときは，一番小さい位〔右端の位〕に着目してみましょう。

左の例の場合，0.03 の「3」は $\frac{1}{100}$ の位なので，0.03 は「$\frac{1}{100}$ が 3 つ」，すなわち

$$0.03 = \frac{1}{100} \times 3 = \frac{3}{100}$$

と表せます。

同じように, 0.031 であれば,「1」は $\frac{1}{1000}$ の位なので

$$0.031 = \frac{1}{1000} \times 31 = \frac{31}{1000}$$

と表せます！

講師からのMessage

言い換えると，「海水に占める食塩の割合」は，「海水 1kg あたり，食塩が何 kg か」なのです。

いきなり分数で考えるのが難しければ，割合を a とおいて，例題 3 のように比例の式から順番に考えれば良いんですね！

なので，百分率を求めるためには小数や分数で表した割合の値を100 倍すればよい。

・**例題 4：地震波の速さ**

ある地域の地表付近では，地震波の P 波が 1 秒あたり a km 進みます。

(1) x 秒間に，P 波が y km 進むとします。y を a と x で表しましょう。

(2) この地域で地震が発生してから 15 秒間に，P 波が 90km 伝わりました。(1)の x と y に値を代入して，P 波が 1 秒あたりに進む距離 a km を求めましょう。

(解答)

(1) 1 秒あたり a km 進むので，例題 3 と同じようにして，

$$y = ax$$

と表せる。

(2) $x = 15$ のとき $y = 90$ なので，これらを(1)の結果に代入して

$$90 = a \times 15$$

$$a = 90 \div 15$$

$$= 6$$

と求められる。

・**速さの考え方**

例題 4 の場合，a は「時間を 1 としたときに進む距離」になっている。このとき，a のことを「速さ」とよぶ。

速さは「毎秒～ m」や「時速～ km」のように表す。これらは，それぞれ記号を用いて「m/s」や「km/h」と表すこともある。

※例題 4 (2)は，「距離÷時間」によって P 波の速さが 6km/s と求められた，ということ。

講師からのMessage

理科の計算では，計算式に単位をつけることが望ましいです。

たとえば，例題 4 の(2)は，P 波の速さを v とすると

90km = v × 15 秒

v = 90km ÷ 15 秒

= 6km/ 秒

となります！

復習

時間の表し方（中学英語）

時間…hour

分……minute

秒……second

です。

単位としては，最初の文字だけを用います。たとえば hour であれば h だけを用い，km/h は kilometer per hour と読みます。

まとめ

X の中に Y が成分として含まれているとき，X の量を x，Y の量を y とすると，$y = ax$ と表せる。

a は，X の量を 1 としたときに Y がどれだけ含まれているかを表し，「X に占める Y の割合」とよばれる。

また，x が時間，y が距離，a を速さとすると，$y = ax$ と表せる。

速さ a は，時間を 1 としたときに進む距離を表す。

Chapter3　円と球

3　円と球　（小学算数・中学数学）

・円と円周率

円は，平面上で中心からの距離が一定である点を集めた図形。

→円の形は一通りしかない。

→すべての円は（合同 / 相似）である。

→直径を d，円周の長さを l とおくと，d と l は比例する。

→ $l = \pi d$ と表すと，π は直径を 1 としたときの円周の長さであり，これを**円周率**とよぶ。

・円周の長さと円の面積

円の直径は半径の 2 倍なので，円の半径を r とおくと $d = 2r$ であり，

$$l = \pi \times 2r$$
$$= 2\pi r$$

と表せる。

また，円の面積を S とおくと，

$$S = \pi r^2$$

と表せる。

・球の性質

球は，空間内で中心からの距離が一定である点を集めた図形。

→球の形は一通りしかない。

→すべての球は（合同 / 相似）である。

・球の表面積と体積

球の表面積を S とおくと，

$$S = 4\pi r^2$$

と表せる。

復習

合同と相似（中学数学）

合同……ぴったりと重ね合わせることのできる 2 つの図形の関係。「形も大きさも同じ」ということ。

相似……一方を拡大または縮小すると，もう一方と合同になる 2 つの図形の関係。「形は同じで大きさは違う」ということ。

知っておこう

次元

漫画やアニメのキャラクターを「2 次元」，身の回りの人やドラマの登場人物などを「3 次元」ということがありますね。

「長さ」は 1 次元，「面積」は 2 次元，「体積」は 3 次元の量だということを頭においておけば，r，r^2，r^3 を間違えることはなくなりますよ！

また，球の体積を V とおくと，

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

と表せる。

・**球の面積比・体積比**

球①の半径を r，球②の半径を ar とする。

このとき，球①の表面積を S_1，球②の表面積を S_2 とすると，

$$S_1 = 4\pi r^2$$

$$S_2 = 4\pi (ar)^2 = 4\pi a^2 r^2 = a^2 \cdot 4\pi r^2 = a^2 S_1$$

と表せる。つまり，半径が a 倍になると表面積は a^2 倍となる。

また，球①の体積を V_1，球②の体積を V_2 とすると，

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi (ar)^3 = \frac{4}{3}\pi a^3 r^3 = a^3 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = a^3 V_1$$

と表せる。つまり，半径が a 倍になると体積は a^3 倍となる。

どんな形であっても相似な図形であれば，長さが a 倍なら表面積は a^2 倍，体積は a^3 倍となる。

まとめ

円の半径を r とすると，

円周の長さは__________，円の面積は__________と表せる。

球の半径を r とすると，

球の表面積は__________，球の体積は__________と表せる。

相似な図形について，長さが a 倍なら

表面積は________倍，体積は________倍となる。

Chapter4　演習問題

□　比例や割合の考え方

地学基礎の例を用いて，比例や割合の考え方について少し練習してみましょう。

問題(1)　ハワイと日本の間は，10 年あたり 7cm 近づいているという観測結果があります。

(i)　ハワイと日本の間は，1 年あたり何 cm 近づいているでしょうか。

(ii)　ハワイと日本の間は, 18 年で何 cm 近づいているでしょうか。

問題(2)　ある花こう岩の断面に透明な方眼紙を重ねて，1cm ごとに真下の鉱物を調べました。その結果，40 点のうち 5 点の下には黒っぽい鉱物があり，ほかの 35 点の下には白っぽい鉱物がありました。このことについて説明した次の文章中の(　　)について，正しいものを選んでください。また，[　　]にあてはまる値を求めてください。

花こう岩のどこを調べても，すべての鉱物のうち黒っぽい鉱物の占める割合が同じだと仮定する。この割合を a とする。

調べた点の個数を（ x / y ），黒っぽい鉱物があった点の個数を（ x / y ）とすると，$y = ax$ と表せる。

よって，調べた結果の値を代入して a を分数で表し，約分すると，

$$a = [\qquad]$$

である。また，これを小数で表すと，

$$a = [\qquad]$$

である。つまり，この花こう岩のすべての鉱物のうち黒っぽい鉱物の占める割合を百分率で表すと，[　　　] % である。

ここがPOINT

Ｘの中にＹが成分として含まれているとき，
Ｘの量を x
Ｙの量を y
Ｘに占めるＹの割合を a
とすると，$y = ax$ と表せるんでしたね。
「Ｘに占めるＹの割合」が

$$a = \frac{y}{x}$$

であることを覚えておくと便利ですよ！

第 12 講　PART1　確認問題

問 1　ある岩石のかけらの体積は $10cm^3$，質量は 32g であった。

(1)　この岩石の別のかけらを調べたところ，体積は $25cm^3$ であった。このサンプルの質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1.28g　②　57g　③　80g　④　800g

(2)　この岩石 x〔cm^3〕の質量を y〔g〕とするとき，y を x で表した式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　$y = 3.2x$　②　$y = \frac{3.2}{x}$　③　$y = 32x$　④　$y = \frac{32}{x}$

問 2　太陽の光が地球に届くまでに 8 分 20 秒かかると言われている。光の速さを 30 万 km/s として，以下の各問いに答えなさい。

(1)　太陽から地球までの距離として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　1500 万 km　②　2500 万 km　③　1 億 5 千万 km　④　2 億 5 千万 km

(2)　月と地球の距離は 38 万 km である。月から光を発したとき，地球に届くのは何秒後か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　およそ 0.8 秒後　②　およそ 1.3 秒後

③　およそ 8 秒後　④　およそ 13 秒後

問３　２つの球体A, Bがあり, Aの体積はBの体積の８倍である。以下の各問いに答えなさい。

(1)　A の半径は B の半径の何倍か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　$\sqrt{2}$ 倍　　②　２倍　　③　$2\sqrt{2}$ 倍　　④　４倍

(2)　A の表面積は B の表面積の何倍か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　２倍　　②　４倍　　③　６倍　　④　８倍

PART2 地学基礎のための物理

目標　重力と浮力のつり合いの考え方を用いて，周りとの密度の違いによって物質が移動することを説明できる。

Chapter1　物体の運動

1　重力と浮力のつり合い　（物理基礎）

・**質量**

　物体に力を加えると，その物体の動く速度が変化する。また，急に速度が変化するときには，ゆっくり速度が変化するときと比べて大きな力が加わっている。

　速度の変化の割合〔加速度〕を a，物体に加える力を F とすると，加速度と力は比例して，

$$F = ma$$

と表せる。この m のことを**質量**とよぶ。

・**重力**

　地表でコップを持っている人が手を離すと，コップは地面に落ちていく。これは，コップが地球の中心へと引き寄せられているからである。

　このとき，速度の変化の割合〔加速度〕は一定で，約 $9.8\mathrm{m/s^2}$，つまり 1 秒間あたり約 9.8m/s である。コップの質量を m〔kg〕，コップにかかる力を F〔N〕，速度の変化の割合を $g = 9.8\mathrm{m/s^2}$ とすると，

$$F = mg$$

と表せる。この F のことを**重力**とよぶ。重力のことを，「**重さ**」とよぶこともある。

・**密度**

　単位体積あたりの質量を**密度**という。たとえば，$1\mathrm{cm^3}$ あたりの質量が 3g であれば，密度は $3\mathrm{g/cm^3}$ である。

　体積を V，質量を m，密度を ρ で表すと，

$$m = \rho V$$

知っておこう

単位〜

　理科では，よく「単位〜あたり」という表現がみられます。この「単位」は「1 とする量」という意味であり，実際に使う単位は一通りではありません。たとえば，密度であれば

・$1\mathrm{cm^3}$ あたり 3g
……$3\mathrm{g/cm^3}$
・$1\mathrm{m^3}$ あたり 2700kg
……$2700\mathrm{kg/m^3}$

などの表現があります。

　「単位体積あたりの質量」は，「体積を 1 としたときの質量」と 言いかえると少しわかりやすいかもしれませんね。

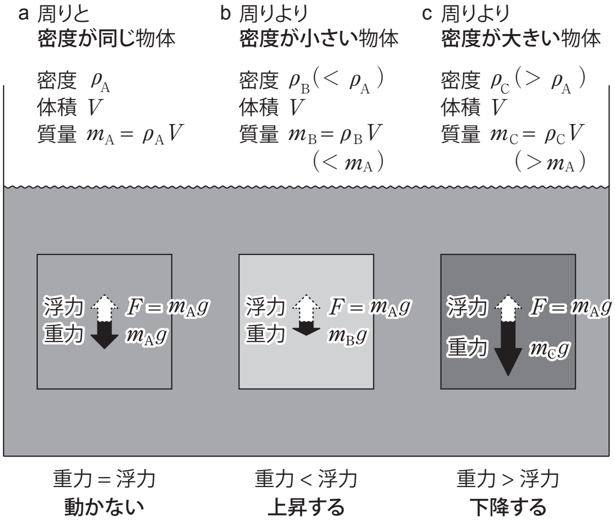
すなわち

$$\rho = \frac{m}{V}$$

である。

・**アルキメデスの原理**

流体中の物体は，それが押しのけている流体の重さと等しい大きさの浮力を受ける。



「押しのけている流体の質量」は a の物体の質量 m_A と同じなので，浮力，すなわち「押しのけている流体の重さ」を F とすると $F = m_A g$ と表せる。これは, 体積が同じ a ～ c のすべてで等しい。

重力と浮力の大小関係を考えて，元々止まっている物体は

a 周りと密度が同じ………動かない

b 周りより密度が小さい…上昇する〔浮き上がる〕

c 周りより密度が大きい…下降する〔沈む〕

といえる。

知っておこう

流体

基本的には液体と気体のことを指します。ただし，地球のマントルのように，状態としては固体でも，長い時間で見たときには流体のような性質をもっているものもあります。

まとめ

流体中の物体は，それが押しのけている流体の重さと等しい大きさの浮力を受ける。これを＿＿＿＿＿＿の原理という。

流体中に流体よりも密度の小さな物体が静止しているとき，物体の質量の方が「押しのけている流体の質量」よりも小さく，重力とくらべて浮力の方が＿＿＿＿ので浮き上がる。

流体中に流体よりも密度の大きな物体が静止しているとき，物体の質量の方が「押しのけている流体の質量」よりも大きく，重力とくらべて浮力の方が＿＿＿＿ので沈む。

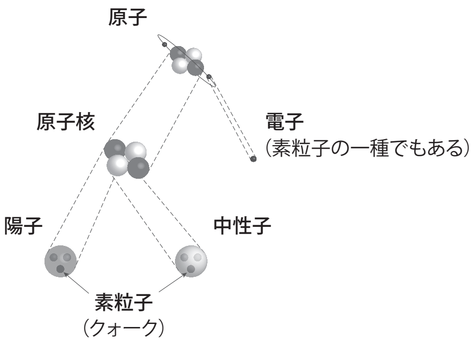
Chapter2　原子

2　物質の成り立ち　（物理）

・**自然の階層性**

　物質を分けていくと，分子，原子のように順に細かく分けられる。かつては原子が物質の最小単位と考えられていたが，原子もさらに細かく分けられることがわかってきた。

原子……1 個の**原子核**と，1 個以上の**電子**からなる。
　原子核…1 個以上の**陽子**と，0 個以上の**中性子**からなる。
　　陽子……**素粒子**〔クォーク〕からなる。+の電気を帯びている。
　　中性子…**素粒子**〔クォーク〕からなる。電気を帯びていない。
　電子…素粒子の一種でもある。−の電気を帯びている。



講師からのMessage

　左に挙げた用語のうち，太字になっているものは地学基礎でも覚えておくべきものです。素粒子の詳細については覚えていなくて大丈夫です！

まとめ

物質は，分子，原子のように細かく分けられる。
原子は，原子核と＿＿＿から構成されている。
原子核は，陽子と中性子から構成されている。
陽子と中性子は，さらに細かい粒子である＿＿＿＿から構成されている。

< Note >

Chapter3　演習問題

□　密度と浮力に慣れる

地球上の物質の上下方向の運動を考えるとき，密度の違いに着目することはとても大切です。今回の演習問題では，問題を通して密度と浮力の扱いに慣れていきましょう。

ここでは，1 辺が 10cm の立方体の形に正確に切り取られた 2700g の花こう岩について考えます。また, 重力加速度は 9.8m/s^2 とします。

問題(1)　この花こう岩の体積は何 cm^3 でしょうか。

問題(2)　この花こう岩の密度は何 g/cm^3 でしょうか。

問題(3)　この花こう岩にはたらく重力の大きさは何 N でしょうか。結果は上から 3 桁目を四捨五入して，上から 2 桁の概数で答えましょう。

ここがPOINT

質量を m〔kg〕, 重力を F〔N〕, 重力加速度を g〔m/s^2〕とすると,

$F = mg$

が成り立ちます。
単位に気をつけてくださいね！

問題⑷　この花こう岩を完全に水の中につけたとき，花こう岩が押しのけた水の体積は何 cm^3 でしょうか。

問題⑸　この花こう岩を完全に水の中につけたとき，花こう岩が押しのけた水の質量は何 kg でしょうか。ただし，水の密度は $1.0g/cm^3$ とします。

問題⑹　この花こう岩を完全に水の中につけたとき，花こう岩が押しのけた水にはたらく重力の大きさは何 N でしょうか。これが，花こう岩にはたらく浮力にあたります。

問題⑺　⑶と⑹の結果をもとにして，この花こう岩を完全に水の中につけて手を離したとき，この花こう岩が浮くか沈むかを説明してください。

第12講 PART2 確認問題

問１　流体中の物体は，その物体が押しのけている流体の重さと等しい大きさの浮力を受ける。これを（　ア　）の原理という。流体中に流体よりも密度の小さな物体を完全に沈めて手をはなすと，a物体は上昇し，浮かぶ。

(1)　空欄アにあてはまる人物名として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　エラトステネス　　②　ニュートン　　③　アルキメデス　　④　パスカル

(2)　下線部ａに関して，このとき，この物体にはたらいている力の大きさの関係として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　重力＝浮力　　②　重力＞浮力

③　重力＜浮力　　④　重力も浮力もはたらかない。

問２　物質の構成は，分子，原子，…のように順に細かく分けられる。原子は，（　イ　）と電子からなり，（　イ　）は（　ウ　）と中性子で構成されている。（　ウ　）と中性子はさらに小さい（　エ　）から構成されている。

(1)　空欄イにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　原子核　　②　陽子　　③　素粒子　　④　イオン

(2)　空欄ウにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　原子核　　②　陽子　　③　素粒子　　④　イオン

(3)　空欄エにあてはまる語として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　原子核　　②　陽子　　③　素粒子　　④　イオン

< Note >

PART3 地学基礎のための化学

目標 気体の溶解度が温度や圧力によってどのように変化するかを説明できる。

Chapter1　気体と溶液

1 気体の溶解度　(化学)

・**溶解**

水に二酸化炭素を溶かしたものが炭酸水である。

このときの水のように他の物質をとかす液体を**溶媒**，二酸化炭素のように溶媒に溶ける物質を**溶質**という。

また，溶媒の中に溶質が溶け込んで均一な液体になる現象を**溶解**，できた液体を溶液といい，単位量の溶媒の中に溶け込むことのできる溶質の限度量を**溶解度**という。

講師からのMessage

気体の溶解度が温度によって変化することは，地球温暖化によって海水中に溶け込む酸素や二酸化炭素が減少する原因です。

また，気体の溶解度が圧力によって変化することは，火山の噴火を考える上で重要です！

・**気体の溶解度と温度**

気体の分子は，温度が高いほど激しく運動する。そのため，温度が高いほど，気体の分子は溶媒の分子との間の分子間力〔分子どうしを結び付けようとする力〕を振り切りやすい。よって，圧力が同じであれば，温度が高いほど，気体の溶解度は（大きい / 小さい)。

・**気体の溶解度と圧力**

溶解度が比較的小さく，溶媒と化学反応しない気体について，次の法則〔ヘンリーの法則〕が成り立つ。よって，圧力が低いほど，気体の溶解度は（大きい / 小さい)。

ヘンリーの法則

一定温度で，一定量の溶媒に溶ける気体の質量は，液体に接している気体の圧力に比例する。

まとめ

気体の溶解度が大きいのは,

・圧力が一定であれば,温度が________とき

・温度が一定であれば,圧力が________とき

である。

Chapter2　化学反応とエネルギー

2　状態変化とエンタルピー変化（物理基礎，化学）

・**内部エネルギー**

物質を構成する原子や分子などの粒子に着目したとき，粒子は運動エネルギーと位置エネルギーをもっている。それらのエネルギーの総和を内部エネルギーという。

・**内部エネルギーの変化**

物質に対して与えられる熱量を q，外部から行われる仕事を w とすると，内部エネルギーの変化 ΔU は

$$\Delta U = q + w \quad \cdots\cdots①$$

と表せる。

・**定圧条件における体積の変化と仕事**

一定の圧力 P の下で物質の体積が ΔV だけ増加するとき，外部に対して $P\Delta V$ だけ仕事をする。すなわち，外部から行われる仕事を w とすると

$$w = -P\Delta V \quad \cdots\cdots②$$

と表せる。

・**エンタルピー変化**

上の①②式より

$$\Delta U = q - P\Delta V$$

つまり

$$q = \Delta U + P\Delta V$$

が成り立つ。

このことから，一定の圧力 P の下で物質に熱を与えたとき，その熱量 q は物質のもつエネルギーを $\Delta U + P\Delta V$ だけ変化させることがわかる。そこで，このエネルギー変化をエンタルピー変化とよぶことにして，ΔH と表す。すなわち，

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \quad \cdots\cdots③$$

である。

講師からのMessage

地学基礎を学習するにあたって，エンタルピーという概念を理解して立式できるようになる必要はありません。しかし，潜熱〔第６講〕を考える上では，次ページのような図をイメージできるとわかりやすいですよ！

知っておこう

位置エネルギー

内部エネルギーを考えるときの「位置エネルギー」は，気体を構成する粒子どうしの間にはたらく力（分子間力など）によるエネルギーを指しています。

力学を考えるときの重力による位置エネルギーとは異なることに注意しましょう。

知っておこう

ΔH と ΔU の違い

常圧条件において，ΔU とくらべて $P\Delta V$ の絶対値は非常に小さいことが知られています。そのため，ΔH は ΔU とほぼ一致します。

・ 水の状態変化とエンタルピー変化

たとえば，氷 18g を水 18g にする〔融解させる〕には，6.0kJ の熱を加える必要がある。これは，次のように表される。

H_2O（固）→ H_2O（液）　（ΔH = 6.0kJ）

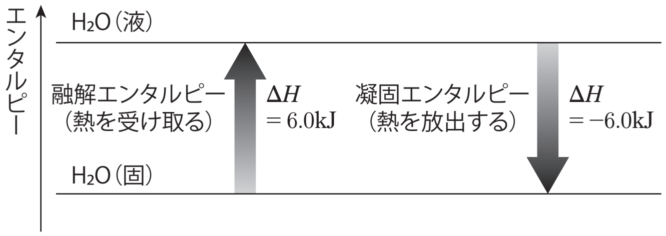
このときのエンタルピー変化を水の融解エンタルピーという。

また，水 18g を氷 18g にする〔凝固させる〕には，6.0kJ の熱を奪う必要がある。これは，次のように表される。

H_2O（液）→ H_2O（固）　（ΔH = − 6.0kJ）

このときのエンタルピー変化を水の凝固エンタルピーという。

これらを図にすると，次のように表せる。



地学では，融解と凝固だけでなく，蒸発や昇華など，すべての状態変化に伴って出入りする熱をまとめて潜熱とよんでいる。

まとめ

一定の圧力の下で物質に熱を与えたときのエネルギー変化をエンタルピー変化という。
特に，水の固体と液体との間の状態変化に着目したとき，
・水が＿＿＿＿するとき，エンタルピー変化は正
・水が＿＿＿＿するとき，エンタルピー変化は負
である。

知っておこう

物質量 mol

左で氷や水の質量を 18g としているのは，H_2O の 1mol あたりの質量が 18g だからです。1mol は「約 6 × 10^{23} 個」を表していて，化学では量の基準（単位）として一般的に用いられます。H_2O の分子 1 個に着目すると，質量や出入りする熱量がとんでもなく小さくなってしまって不便なんですね。

知っておこう

J と W

J〔ジュール〕は熱，あるいはエネルギーを表す単位です。
一方，W〔ワット〕は単位時間あたりのエネルギー，あるいは仕事を表す単位です。
どちらも「エネルギー」と呼ばれることがありますが，

1W = 1J/s

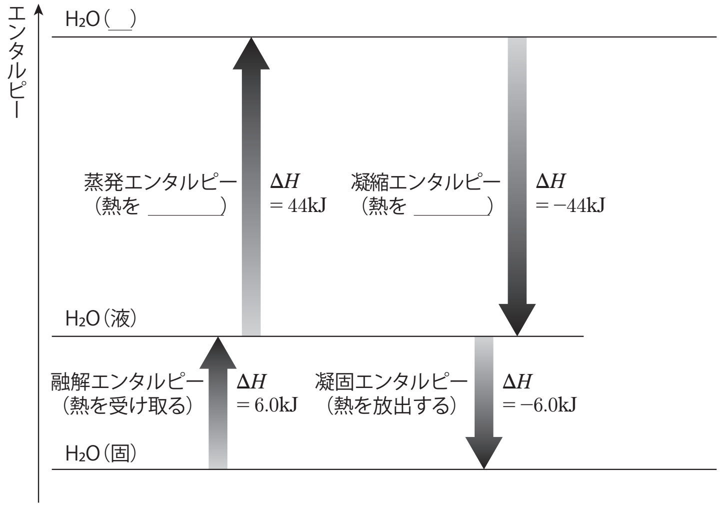
つまり，1W は 1 秒あたり 1J のエネルギーを表しているということを覚えておきましょう！

Chapter3　演習問題

□　状態変化とヘスの法則

潜熱の出入りは，気象現象を考える上でとても大切なことがらです。今回の演習問題では，図を使いながら潜熱の扱いに慣れていきましょう。

問題⑴　氷 18g に 6.0kJ の熱を加えると水 18g になり，水 18g に 44kJ の熱を加えると水蒸気 18g になります。このことから，次の図を完成させてください。なお，「凝縮」は凝結と同じ意味で用いられる用語です。



問題(2) 「物質が変化するときの熱の総和は，変化の前後の物質の種類と状態だけで決まり，変化のしかたには関係しない」という法則があり，これをヘスの法則といいます。このことに関連した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。また，[　　　] にあてはまる値を求めてください。

水蒸気が直接氷に変化するように，気体が直接固体に変化することを凝華という。

前ページの図とヘスの法則にしたがって考える。水蒸気18g が氷 18g に凝華するとき，エンタルピー変化 ΔH は [　　　] kJ である。つまり, このとき [　　　] kJ の熱が (受け取られる / 放出される)。したがって，上空で空気塊中の水蒸気が氷に凝華すると，この変化によって空気塊は（温められる / 冷やされる）といえる。

第12講 PART3 確認問題

問1 気体の分子は，温度が高いほど激しく運動する。そのため，温度が高いほど，気体の分子は溶媒の分子との間の分子間力を振り切りやすい。よって，圧力が一定のときの気体の溶解度は，ほぼ例外なく（ ア ）。また，溶解度が比較的小さく，溶媒と化学反応しない気体については，「一定温度で，一定量の溶媒に溶ける気体の質量は，液体に接する気体の圧力に比例する」という a ヘンリーの法則が成り立つ。

(1) 空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 温度が高いほど大きい　② 温度が高いほど小さい
③ 温度によらず一定である　④ 温度の条件では決まらない

(2) 下線部 a に関して，この法則によると，気体の溶解度は圧力が高いほどどうなるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 小さくなる。　② 大きくなる。
③ 圧力によらず一定である。　④ 圧力の条件だけでは決まらない。

問2 状態変化は熱の出入りを伴う。一定の圧力の下で物質に熱を与えたときのエネルギーの変化をエンタルピー変化という。特に，氷 18g が水 18g に変化するときのエンタルピー変化を水の（ イ ），水 18g が水蒸気 18g に変化するときのエンタルピー変化を水の（ ウ ）という。

(1) 空欄イ，ウにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① イ 融解エンタルピー　ウ 凝固エンタルピー
② イ 融解エンタルピー　ウ 蒸発エンタルピー
③ イ 凝縮エンタルピー　ウ 凝固エンタルピー
④ イ 凝縮エンタルピー　ウ 蒸発エンタルピー

⑵　空欄イ，ウの値の符号の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　イ　正　　　ウ　正

②　イ　正　　　ウ　負

③　イ　負　　　ウ　正

④　イ　負　　　ウ　負

PART4 地学基礎のための生物

目標　生物の大きな分類や，光合成で酸素が発生するしくみについて説明できる。

Chapter1　生物の分類

1　生物の分類　（生物基礎・生物）

・**原核細胞と真核細胞**

原核細胞……遺伝子が核膜に包まれていない細胞。

真核細胞……遺伝子が核膜とよばれる膜に包まれている細胞。ミトコンドリアや葉緑体など，膜構造のある細胞小器官をもつ。

原核細胞からなる生物を**原核生物**，真核細胞からなる生物を**真核生物**という。

※ミトコンドリア

酸素を用いて有機物を分解し，エネルギーを得る細胞小器官。細菌が細胞内に取り込まれて共生したのが始まりだとされる。

※葉緑体

植物の細胞において，光エネルギーを用いて有機物を生産する細胞小器官。シアノバクテリアが細胞内に取り込まれて共生したのが始まりだとされる。

・**3 ドメイン説**

遺伝子解析の結果をもとにして，すべての生物を大きく 3 つのグループに分類する考え方。

細菌………原核生物のうち，真核細胞と同じような細胞膜をもつもの。**シアノバクテリア**，大腸菌，緑色硫黄細菌など。

古細菌……原核生物のうち，真核細胞とは異なる細胞膜をもつもの。好熱菌，好塩菌，メタン生成菌など。

真核生物…真核細胞からなり，原核生物と比べて一般的に大型。原生生物界，**植物**界，**動物**界，菌界に分けられる。

講師からのMessage

PART4 の内容は，地学基礎を学ぶにあたって「覚えておかなければならない内容」ではなく，「知っておくと地球と生物の歴史が少しわかりやすくなる内容」です。細かい用語をすべて覚える必要はないので，気楽に取り組んでください！

講師からのMessage

細菌と真核生物の菌はまったくの別物です。キノコやカビなどは，真核生物の菌界に含まれます！

・**単細胞生物と多細胞生物**

原核生物のほとんどと，真核生物のうち原生生物界の多くの生物は，細胞 1 つで体が構成されている。このような生物を単細胞生物という。

真核生物のうち植物界と動物界のすべての生物と，その他の一部の生物は，複数の細胞がつながることで体を構成している。このような生物を多細胞生物という。

まとめ

真核生物は遺伝子が＿＿＿＿＿に包まれており，酸素を用いてエネルギーを生み出す＿＿＿＿＿＿＿＿とよばれる細胞小器官をもつ。

光合成に利用される葉緑体は，＿＿＿＿＿＿＿＿＿が細胞内に取り込まれて共生したのが始まりだと考えられている。

Chapter2　呼吸と光合成

2　光合成のしくみ　(生物基礎・生物)

・**光合成の基本**

二酸化炭素＋水＋光エネルギー　→　有機物＋酸素

($6CO_2$＋$12H_2O$＋光エネルギー　→　$C_6H_{12}O_6$＋$6O_2$＋$6H_2O$)

・**光合成と酸素**

植物が光合成を行う目的は，二酸化炭素〔CO_2〕を還元して有機物〔$C_6H_{12}O_6$〕をつくることである。水〔H_2O〕は還元に必要な水素を取り出す材料として用いられ，酸素〔O_2〕は水から水素〔H〕を取り除いた結果としてつくられる。

・**細菌の光合成**

紅色硫黄細菌や緑色硫黄細菌などの細菌は光合成を行うが，水素を取り出す材料として水〔H_2O〕ではなく硫化水素〔H_2S〕などを用いる。硫化水素から水素を取り除いた残りものは硫黄〔S〕であり，光合成の結果として酸素ではなく硫黄が生成される。

このような酸素を発生しない光合成を非酸素発生型光合成，一般的な植物の行う光合成を**酸素発生型光合成**とよぶことがある。

先カンブリア時代から顕生代のはじめに地球の大気中の酸素濃度が上昇したことは，酸素発生型光合成がさかんに行われるようになったことと関係していると考えられている。

知っておこう

酸化と還元（中学理科・化学基礎）

酸化される
- 酸素を受け取る
- 水素を失う
- 電子を失う

還元される
- 酸素を失う
- 水素を受け取る
- 電子を受け取る

講師からのMessage

硫化水素は，海嶺や火山などの限られた場所では豊富ですが，それ以外の場所ではあまり得られません。それに対して，水は地球上の多くの場所で大量に得られます。そのように考えると，硫化水素でなく水を利用できることは生息のために有利ですね！

まとめ

光合成は________を還元して有機物をつくる反応である。
光合成において，酸素は______から水素を取り除いた結果としてつくられる。このような酸素を発生する光合成を，酸素発生型光合成とよぶことがある。

< Note >

Chapter3　演習問題

□　呼吸と発酵

酸素発生型光合成では大気中に酸素が放出されるのに対して，呼吸では大気中の酸素が消費されます。今回の演習問題では，呼吸の意味について考えてみましょう。

問題(1)　光合成と呼吸について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

生物が二酸化炭素を外界から取り込み，エネルギーを用いて有機物を生産するはたらきを炭酸同化とよぶ。光合成はその一つであり，この反応は次のように表せる。

二酸化炭素＋(酸素 / 水)＋光エネルギー
→有機物＋(酸素 / 水)

一方，酸素を用いて有機物を二酸化炭素と水に分解し，その過程でエネルギーを得る反応を呼吸とよぶ。この反応は次のように表せる。

有機物＋(酸素 / 水)
→二酸化炭素＋(酸素 / 水)＋エネルギー

問題⑵ 発酵と呼吸について説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

先カンブリア時代には大気･海洋中の酸素濃度が低かった。また，現在も，大気に触れず酸素がほとんど存在しない環境がある。

そのような環境下で生きる生物は，酸素を用いることなく有機物を分解し，エネルギーを得ている。この反応を発酵といい，次のように表せる。

有機物→単純な炭素化合物＋エネルギー

「単純な炭素化合物」は生物によって異なる。たとえば，酵母菌の行う「アルコール発酵」は，元となる有機物であるグルコース〔$C_6H_{12}O_6$〕をエタノール〔C_2H_5OH〕と二酸化炭素〔CO_2〕に分解する。

呼吸も発酵も有機物の分解によってエネルギーを得る反応だが，同じ量の有機物から得られるエネルギーは呼吸の方がはるかに大きい。

（原核生物 / 真核生物）は細胞に（葉緑体 / ミトコンドリア）をもち，生命活動に必要なエネルギーを呼吸によって得ている。酸素は生物の細胞にとって有毒な物質だが，酸素を利用した呼吸を行えるしくみをもつことは，生物が効率的にエネルギーを得るためには重要なことだったといえる。

講師からのMessage

たとえば，アルコール発酵と呼吸を比較すると，1 分子のグルコースから得られるエネルギーには最大で 19 倍もの違いがあります！

第12講　PART4　確認問題

問1　以下の各問いに答えなさい。

(1)　遺伝子が核膜とよばれる膜に包まれている細胞を何というか。また，酸素を用いて有機物を分解し，エネルギーを得る細胞小器官は何か。その組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　細胞：原核細胞　細胞小器官：葉緑体

②　細胞：原核細胞　細胞小器官：ミトコンドリア

③　細胞：真核細胞　細胞小器官：葉緑体

④　細胞：真核細胞　細胞小器官：ミトコンドリア

(2)　遺伝子解析の結果をもとにして，すべての生物を 3 つのグループに分類する考え方を 3 ドメイン説という。ドメインとして**正しくないもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　真核生物　　②　原核生物　　③　細菌　　④　古細菌

(3)　一般の植物が行う光合成では，二酸化炭素を還元して有機物を生成している。この還元に必要な材料として水から取り出されるものは何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　水素　　②　酸素　　③　炭素　　④　光エネルギー

< Note >

テキスト解答

第 1 講　地球の形と大きさ

PART1　球体としての地球

問題(1)　$x° = 12.2°$，$y° = 4.1°$

問題(2)　110 km

問題(3)　39600 km

PART2　「つぶれた」球としての地球

問題(1)　(a) C　(b) 10460 m　(c) 30.76 m　(d) 110.7 km

問題(2)　長い，大きな，ゆるやか

PART3　地球内部の層構造

問題(1)　3500 km

問題(2)　55 %

問題(3)　17 %

問題(4)　83 %

第２講　プレートテクトニクス

PART1　リソスフェアとアセノスフェア

問題⑴　室温のものはやわらかく，押すとつぶれて手を離すと元に戻る。お皿に落としたときの音ははっきりしない。冷蔵庫で冷やしたものはかたく，押してもほとんどつぶれない。お皿に落とすとはっきりとした音がする。

問題⑵　地殻：冷えたグミＢ　リソスフェアのマントル：冷えたグミＡ　アセノスフェアのマントル：室温のグミＡ

問題⑶　地球は中心部が熱く，その熱が地表から宇宙空間へと失われていく。つまり，地表が冷やされることで温度差が生じている。

PART2　世界の大地形とプレート境界

問題⑴　【※図参照】

問題⑵　長く続く白っぽい部分は海底の山脈状の地形であり，海嶺とよばれる。この大地形は，プレートが海嶺を中心として東西に離れるように動くことでできた。

問題⑶　海嶺が大きくずれている部分は，トランスフォーム断層とよばれる。この大地形は，プレートが東西にすれ違うように動くことでできた。

PART3　日本列島とプレート

問題⑴　短く，土佐清水・南鳥島

問題⑵　同じプレート上の２地点の距離の変化を調べて，距離がほとんど変化しないことがわかれば，プレートはほとんど変形しない板のようなものであることが確認できる。たとえば，父島と八丈島の間の距離の変化を調べるとよい。

問題⑶　a

PART4　マントルのプルーム

問題⑴　高い：膨張，低，上昇　低い：収縮，高，下降

問題⑵　海嶺，海溝，大きく，小さく

PART5　プレートテクトニクス（まとめ）

問題⑴　【※図参照】

問題⑵　【※図参照】　火山前線

問題⑶　すれ違う，トランスフォーム断層，左横ずれ断層

第３講　火山

PART1　火成岩と鉱物

問題(1)　鉱物の結晶が大きく成長して岩石全体を埋めつくすことができるほど，マグマが十分ゆっくりと冷えた。

問題(2)　C

問題(3)　早い時期に結晶となった鉱物ほど自形を示しているので，C → A → B の順に結晶となったと考えられる。

PART2　火成岩の分類

問題(1)　等粒状組織

問題(2)　斑状組織

問題(3)　斑れい岩

問題(4)　デイサイト，流紋岩

PART3　火山の形

問題(1)　平べったい，昭和新山，富士山，マウナロア

問題(2)　(a) 8 km　(b) 21

問題(3)　富士山：8　昭和新山：4

問題(4)　計算結果は，予想通りになった。

PART4　世界の火山

問題(1)　【※動画参照】

問題(2)　古い，新しい，南北，北

問題(3)　東，10 cm

PART5　マグマのでき方【発展】

問題(1)　120 km，50 km

問題(2)　冷たい，150 km，50 km

PART6　日本列島の火山

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　250 ～ 300 km，周辺

第４講　地震

PART1　地震と断層

問題(1)　A

問題(2)　左横ずれ断層，北西―南東，北東―南西

PART2　地震波とその伝わり方

問題(1)　$t = \dfrac{d}{v}$

問題(2)　$T = \dfrac{d}{V}$

問題(3)　$x = T - t$

問題(4)　(1)(2)の結果を(3)に代入すると，$x = \dfrac{d}{V} - \dfrac{d}{v} = \left(\dfrac{1}{V} - \dfrac{1}{v}\right) d$ となって，x は d に比例することがわかる。つまり，初期微動継続時間は，震源からの距離に比例する。

PART3　日本列島の地震

問題(1)　沈降，6，沈降，60，隆起，120，隆起

問題(2)　【※図参照】

PART4　世界の地震

問題(1)　深い，収束

問題(2)　浅い，プレート境界

第５講　堆積岩と変成岩

PART1　堆積岩とその分類

問題(1)　礫岩

問題(2)　黒っぽい部分：泥岩　白っぽい部分：砂岩

問題(3)　凝灰岩

問題(4)　チャート

PART2　堆積構造

問題(1)　(a) 級化層理　(b) 上側

問題(2)　(a) 斜交葉理　(b) 上側

PART3　流れの速さと粒子の動き

問題(1)　３～８

問題(2)　10～20，100～200

PART4　流水による地形と堆積物

問題(1)　海溝

問題(2)　ゆるやか，大陸棚，砂，海底扇状地

PART5　変成作用と変成岩

問題(1)　高い，片麻岩，低い，片岩，数百～数千 km

問題(2)　ＰＱ，Ｒ，かたくて

PART6　岩石サイクル

問題(1)　低い

問題(2)　侵食作用，上流

第 6 講　地球の熱収支

PART1　大気の成分と気圧

問題(1)　真空

問題(2)　13.5 倍，10 m

PART2　大気の構造

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　4 ℃

問題(3)　0.7 ℃

PART3　放射のつり合い

問題(1)　πR^2

問題(2)　$4\pi R^2$

問題(3)　$(1400 \times \pi R^2) \times 0.69 = x \times 4\pi R^2$

問題(4)　240

PART4　温室効果

問題(1)　対流圏，低い，低い，黒，白

問題(2)　反射，大きい，白，黒

PART5　潜熱

問題(1)　アルベド　　問題(2)　B

問題(3)　50　　問題(4)　60　　問題(5)　100

問題(6)　地表に入るエネルギーの和は，$x + z = 50 + 100 = 150$

地表から出るエネルギーの和は，$30 + 110 + 10 = 150$

これらは等しいので，地表におけるエネルギーのつり合いは成り立っている。

第７講　大気と海洋

PART1　高気圧と低気圧

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　下降気流，されにくい，高気圧から低気圧，湿った，広がりやすい

PART2　大気の大循環

問題(1)　(a) 7.9 時間　(b) 1080 km

問題(2)　810 km

問題(3)　東行，東行，偏西風，西風，ジェット気流，東行

PART3　海水と海流

問題(1)　東から西，北赤道海流，西から東，北太平洋海流，黒潮，時計回り，環流

問題(2)　東から西，貿易風，西から東，偏西風，時計回り，高気圧

問題(3)　偏西風，貿易風，同じ向き

PART4　海洋の深層循環と層構造

問題(1)　Ｆはとても味が濃い。Ｄは水っぽい感じがする。ＥはＤとＦの間の濃さのように感じられる。

問題(2)　薄く，濃い，少ない，多い

問題(3)　含まれにくい，高く，高く

PART5　南北熱輸送

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　正，負

問題(3)　正，熱輸送量が増加する，負，熱輸送量が減少する

第 8 講　宇宙と地球の誕生

PART1　宇宙の誕生

問題⑴　(a) $\frac{1}{t}$　(b) 3

問題⑵　4

問題⑶　$\frac{2}{t}$，6

問題⑷　【※図参照】

問題⑸　時刻 $-t$ には AB も AC も長さが 0 だと考えられる。つまり，時刻 $-t$ には 3 点 A，B，C が 1 点に集中していたことが推測できる。

PART2　太陽系の誕生

問題⑴　原始太陽系円盤

問題⑵　微惑星

問題⑶　原始惑星

問題⑷　太陽の近くではおもにケイ酸塩からなるが，太陽からある程度以上離れた場所では氷も多く含まれている。

問題⑸　X：Q　Y：R　Z：P

PART3　太陽系の惑星

問題⑴　２乗，比例

問題⑵　水蒸気，氷，水星

問題⑶　地球は表面に液体の水をもつために十分な質量をもち，その水が液体の状態に保たれるような適度な太陽からの距離の場所に位置しているから。

第９講　地球と生命の進化

PART1　地層や岩石のできた順序

問題(1)　整合　　問題(2)　岩脈　　問題(3)　後，後，後

問題(4)　ユニット A → 断層 → 玄武岩 → 不整合面 → ユニット B

PART2　地質時代

問題(1)　古生代，古生代

問題(2)　直後

PART3　先カンブリア時代の地球環境

問題(1)　木星型惑星，大きい　　問題(2)　侵食作用，冥王代

PART4　古生代・中生代の生物

問題(1)　シダ植物・裸子植物・被子植物，ひれ，石炭紀

問題(2)　白亜紀

PART5　大量絶滅

問題(1)　不整合

問題(2)　石炭紀～ペルム紀，三畳紀

問題(3)　【※図参照】

PART6　新生代の生物

問題(1)　2800 万 km^3　　問題(2)　2600 万 km^3

問題(3)　3 億 6000 万 km^2　　問題(4)　72 m

PART7　地球環境の進化と変動

問題(1)　6，6，6，6

問題(2)　と同じ，変化しない，と同じ，変化しない

問題(3)　にくかった，続成作用，石炭

第 10 講　現在の地球環境の変動

PART1　エルニーニョ現象

問題(1)　16 回，4

問題(2)　エルニーニョ現象

問題(3)　弱く，東，東，弱い，弱く，冷夏

PART2　地球温暖化

問題(1)　化石燃料，植林，強い

問題(2)　1.5℃，4℃，低下，大きく

PART3　地球環境問題

問題(1)　減らし，7，3

問題(2)　減らし，植林，2

第 11 講　日本の自然環境と災害

PART1　日本の冬

問題(1)　西高東低，北西，季節風

問題(2)　日本海側，少ない，乾燥している

問題(3)　ア：④　イ：①

PART2　日本の春

問題(1)　移動性高気圧，西，寒冷前線

問題(2)　a：14 日　b：11 日　c：14 日

PART3　日本の梅雨

問題(1)　時計回り，吹き出し，反時計回り，吹き込む，西日本から東北南部

問題(2)　P：横浜　Q：小山　R：黒磯　S：郡山

これらの地点で気温が急激に低下した原因は，梅雨前線が南下して，太平洋高気圧からの暖かい空気がオホーツク海高気圧からの冷たい空気に入れ替わったことだと考えられる。

PART4　日本の夏

問題(1)　東海地方，オホーツク海高気圧，湿った

問題(2)　25℃未満，低い，北東

PART5　日本の秋

問題(1)　停滞前線，西より

問題(2)　高潮の危険性がより大きいのは，大阪湾が台風の東側にあたって南風が吹くとき，すなわち台風が西側を通った場合である。

PART6　日本の火山災害

問題⑴　成層火山

問題⑵　a：×　b：○　c：×

PART7　日本の地震災害

問題⑴　a：×　b：×　c：×　d：○

問題⑵　a：×　b：○

問題⑶　小さな

PART8　ハザードマップ

問題⑴　2 ～ 3 m

問題⑵　6 番

問題⑶　1（早期注意情報）：④（できれば③も）
2（氾濫注意情報）：③
3（氾濫警戒情報）：②
4（氾濫危険情報）：①

問題⑷　【解答例】外に置いてある植木鉢を家の中に入れる〔1 ～ 3 日前〕
スマートフォンを満充電にしておく〔半日～ 1 日前〕

PART9　日本列島と自然の恵み

問題⑴　97 %

問題⑵　50，多い，減少，増加，50，少ない，増加，減少

問題⑶　$x = y = 50$

第 12 講　地学基礎のための基礎知識

PART1　地学基礎のための数学

問題(1)　(i) 0.7 cm　(ii) 12.6 cm

問題(2)　x，y，$\frac{1}{8}$，0.125，12.5%

PART2　地学基礎のための物理

問題(1)　1000 cm^3

問題(2)　2.7 g/cm^3

問題(3)　26 N

問題(4)　1000 cm^3

問題(5)　1 kg

問題(6)　9.8 N

問題(7)　(3)で求めた重力が 26 N，(6)で求めた浮力が 9.8 N なので，重力とくらべて浮力の方が小さい。よって，この花こう岩を完全に水の中につけて手を離したとき，この花こう岩は沈むと考えられる。

PART3　地学基礎のための化学

問題(1)　H_2O（気），蒸発エンタルピー（熱を受け取る），凝縮エンタルピー（熱を放出する）

問題(2)　-50，50，放出される，温められる

PART4　地学基礎のための生物

問題(1)　水，酸素，酸素，水

問題(2)　真核生物，ミトコンドリア

確認問題解答

第1講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
地球は球状なので，遠くのものは高い部分だけ見え，近づいていくと，徐々に低い部分が見えるようになっていく。

(2)　②

解説：
月食は，月に地球の影が映って，月が欠けて見える現象である。

(3)　④

解説：
地球は球体であるから，その影は円になる。その影の一部が月に映るため，月の暗い部分の境界線は円の一部になる。

(4)　②

解説：
北極星の地平線からの高度は，その地点の緯度に等しい。

(5)　①

解説：
北極星の高度は，観測地点の緯度と等しい。つまり，赤道上では地平線上（高度 0°）に見え，高緯度にいくにつれて高度は高くなっていき，北極では真上（高度 90°）に見える。

第1講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
フランスの測量隊が調べた結果，低緯度とくらべて高緯度の方が緯度差 1°あたりの子午線の長さが長かった。このことから，地球の形は赤道方向に膨らんだ回転楕円体に近い形であると証明された。

(2)　④

解説：
緯度差 1°あたりの子午線の長さは，地球の中心から測ったのではなく，恒星の高度が 1°ずれるのに要する弧の長さである。また，地表の曲がり方は低緯度（赤道付近）と比べて高緯度（極付近）の方がゆるやかである。そのため，高緯度の方が地表の曲がり方を表す円の半径が大きく，緯度差 1°あたりの経線も長い。

(3)　③

解説：
地球の偏平率は，赤道半径と極半径の差を赤道半径で割った値であり，約 300 分の 1 である。

(4)　①

解説：
地球を回転楕円体とみたとき，赤道半径は約 6378km，極半径は約 6357km なので，赤道半径の方が約 21km 長い。

第1講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
構成する物質をもとに地球の内部を３層に分けたものは，表面から順に地殻→マントル→核とよばれている。

(2)　③

解説：
核は金属でできており，外核は高温のため液体に，内核はさらに高温だが高圧のため固体になっている。

(3)　③

解説：
海洋地殻の表面付近はおもに玄武岩から構成されている。

(4)　②

解説：
上部マントルは，地表からおよそ 660km の深さまで続いている。

第 2 講　PART1　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：

地殻とマントルは岩石の種類は異なるが，ともに固体の岩石でできている。

（2）　②

解説：

地殻と上部マントル最上部を合わせた，かたい部分をリソスフェアという。

（3）　①

解説：

上部マントル内のやわらかい層をアセノスフェアという。

（4）　①

解説：

リソスフェアの厚さは，大陸地域では 100 〜 200km，海洋地域では 10 〜 100km である。

第 2 講　PART2　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：

地殻とマントル上部のかたい部分をリソスフェアという。プレートとリソスフェアは，同じ部分を指している。

（2）　②

解説：

プレートは 1 年間で最大 10cm 程度動いている。

（3）　③

解説：

密度の大きく異なる 2 つのプレートの収束境界にできるのは，海溝という谷状の地形である。

（4）　①

解説：

プレートの発散境界でできるのは，海嶺という山脈状の地形である。

（5）　②

解説：

トランスフォーム断層はプレートどうしがすれ違う境界にできる地形である。この部分では海嶺が切れてずらされている。

第 2 講　PART3　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：

西日本は，ユーラシアプレート上にある。

（2）　④

解説：

東日本は，北アメリカプレート上にある。

（3）　②

解説：

海のプレートが陸のプレートの下に沈み込む境界では，海溝やトラフが形成される。

（4）　③

解説：

太平洋プレートは北アメリカプレート（図の B プレート）やフィリピン海プレート（図の D プレート）の下に沈み込んでいる。

第 2 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：

マントル内では，ゆっくりとした対流により熱が伝わっている。

（2）　②

解説：

マントル内の下降流は，過去に海溝で沈み込んだ海のプレートの冷たく密度の大きな物質の流れである。

（3）　③

解説：

プルームはマントル内を上昇していく円柱状の流れである。

第 2 講　PART5　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：
陸のプレートどうしの衝突で形成される地形は大山脈である。

（2）　②

解説：
プレート境界と関係なく火山ができる場所をホットスポットという。

（3）　②

解説：
震源が 100km より深い地震は，プレートの収束境界でみられる。

第 3 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
さまざまな粒子が堆積し，固まってできた岩石は堆積岩である。

(2)　②

解説：
原子やイオンなどの粒子が規則正しく配列した固体を結晶という。

(3)　④

解説：
マグマが急速に冷やされて結晶にならなかったものをガラス（非晶質）という。

(4)　②

解説：
鉱物の形がはっきりしている順（a → b → c）に晶出したと考える。

(5)　③

解説：
図中の c は，他の鉱物のすき間をうめているように見える。このような，鉱物本来の形ではない形を他形という。

第 3 講　PART2　確認問題　解答

問 1

（1）　②

解説：
火山岩の斑状組織の中で大きな結晶になっているものを斑晶という。

（2）　②

解説：
深成岩はほぼすべての鉱物が大きく成長しており，等粒状組織とよばれる。

（3）　④

解説：
かんらん石，輝石，角閃石，黒雲母は有色鉱物であり，カリ長石，斜長石，石英は無色鉱物である。

（4）　③

解説：
Mg や Fe を含み黒っぽく見えるのが有色鉱物，Mg や Fe を含まず白っぽく見えるのが無色鉱物である。

（5）　②

解説：
火成岩に含まれる鉱物の多くは SiO_4 四面体を基本骨格としている。

第 3 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

火山ガスの成分のほとんどは水蒸気で，残りは二酸化炭素，硫化水素などである。

(2)　①

解説：

粘性が低く流れやすい溶岩は SiO_2 の少ないものであり，そのような火山岩は玄武岩である。

(3)　③

解説：

表面に火山ガスが抜けた穴が多数ある岩石を軽石という。

(4)　③

解説：

粘性の高い溶岩からなり，盛り上がった形をした火山を溶岩ドームという。

(5)　②

解説：

富士山は成層火山の代表例である。マウナロアは盾状火山，昭和新山は溶岩ドームである。

第 3 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）　②

解説：
活火山は過去約 1 万年以内に噴火したことのある火山と定義されている。

（2）　①

解説：
海嶺で噴出する溶岩は，玄武岩である。

（3）　③

解説：
海底で噴出した溶岩は海水中で急速に冷やされて固まり，積み重なった形から，枕状溶岩とよばれる。

（4）　②

解説：
沈み込み境界付近では安山岩が噴出するため，成層火山が多くみられる。

（5）　②

解説：
東西に並ぶ海山や島のうち東の端で活発な火山活動が起こっているので，東の端がホットスポットの位置であり，その西の海山や島は過去にホットスポットの上で形成されたものだと考えることができる。つまり，プレートはホットスポットの上を東から西に向かって移動しているといえる。

第 3 講　PART5　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：

多くの鉱物は，圧力が高いほど融点が高い。また，地下深くなるほど圧力は高くなるので，岩石がとけ始める温度は高くなる。

（2）　②

解説：

岩石をとかすためには，温度を上げるか，圧力を下げる必要がある。

（3）　③

解説：

岩石がとけ始める温度は，水を含むことで低くなる。

（4）　①

解説：

プレートの沈み込み境界では，マントルの岩石が上昇して圧力が下がることに加えて，海のプレートの上面付近に含まれていた水が放出されてマントルに供給されることにより，マントルの岩石の融点が低くなってマントルの部分溶融が起きている。

第 3 講　PART6　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

日本には気象庁が指定した活火山が 111 ある。

(2)　③

解説：

火山ができる海溝側の端を結んだ線を火山前線という。

(3)　④

解説：

東北地方の火山前線は，海溝から 200 ～ 300km 離れている。

(4)　③

解説：

大規模な火山噴火により大量のマグマが放出されると，地表が陥没し巨大なくぼ地ができることがある。これをカルデラという。

(5)　②

解説：

昭和新山はおもにデイサイトで形成されている。

第 4 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

地中の岩石の破壊が始まった点を震源という。

(2)　①

解説：

正断層は，地面に水平方向に引っ張る力が加わり，上盤がずり落ちて形成される。

(3)　④

解説：

上盤が下盤の上にのし上がった断層を逆断層という。

(4)　③

解説：

右横ずれ断層は，断層を挟んで反対側の地面を見た場合，相手側が右にずらされている断層である。

(5)　④

解説：

大きな地震（本震）の後に続いて起こる多くの地震を余震という。

第 4 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

地震のはじめの小さなゆれを生じるのは P 波で，波の進む方向と同じ方向に振動する波である。

(2)　②

解説：

地震のはじめの小さなゆれを初期微動という。

(3)　①

解説：

初期微動のあとの大きなゆれを主要動という。

(4)　③

解説：

初期微動が始まってから，主要動が始まるまでの時間を，初期微動継続時間という。

(5)　③

解説：

初期微動継続時間は震源からの距離に比例する。

第 4 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
震源の深い地震は，上部マントルと下部マントルの境界付近までの深さで起こる。

(2)　②

解説：
図から，C－D の線の方が，水平方向に短い距離で震源の深さがより深くなっているので，海のプレートの沈み込みの角度が急であるといえる。

(3)　③

解説：
過去数十万年間にくり返し活動し，今後も活動する可能性の高い断層を活断層という。

(4)　②

解説：
プレート境界の巨大地震は，数十年～数百年周期で発生する。

第 4 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

プレートが沈み込む境界などの収束境界では，震源の深い地震も発生する。

(2)　②

解説：

海嶺はプレートの発散境界であり，海嶺を中心として水平方向に引っ張る力がはたらいている。

(3)　③

解説：

海嶺付近では，水平方向に引っ張る力がはたらくため，正断層が形成される。

(4)　①

解説：

海溝はプレートの収束境界であり，海溝に対して垂直な水平方向に圧縮する力がはたらいている。

(5)　④

解説：

海溝付近では，海のプレートの沈み込みに伴い，水平方向に圧縮する力がはたらき，逆断層型の地震が起こる。

第 5 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
堆積物が固まって堆積岩に変化する作用を続成作用という。

(2)　②

解説：
礫岩は粒径が 2mm 以上の粒子でできた岩石である。

(3)　②

解説：
SiO_2 の殻をもつ生物の遺がいが堆積してできた堆積岩はチャートである。

(4)　④

解説：
岩塩は，海水の水が蒸発して取り残された NaCl を主成分とした岩石である。

第 5 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

大きな粒子ほど重いので，速く沈む。

(2)　①

解説：

下から上へ，大きな粒子から順に堆積した構造を級化層理という。

(3)　④

解説：

粒子の大きさは，礫＞砂＞泥であるから，下から上へ，礫→砂→泥の順に堆積する。

(4)　②

解説：

水の流れがあるところで，水底に凹凸があると，小さな山の上流側で侵食が起こり，下流側に堆積されることにより，水底に斜交する方向に細かい模様ができることがある。これを斜交葉理という。

第 5 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
ある粒径の粒子が静止しているとき，流速が大きくなっていき，a の曲線より流速が大きくなると，粒子は動き出す。

(2)　②

解説：
ある粒径の粒子が水によって運搬されているとき，流速が小さくなっていき，b の曲線より流速が小さくなると，粒子は沈んで堆積する。

(3)　②

解説：
堆積した状態から流速を大きくしていくと，最初に a の曲線にぶつかるのは，粒径が砂の領域にある粒子である。

(4)　①

解説：
流速を 500cm/s から小さくしていくと，最初に b の曲線にぶつかるのは，粒径が礫の領域にある粒子である。

第5講　PART4　確認問題　解答

問1

(1)　②

解説：
河川の水による下向きの侵食作用によって山間部にできる険しい谷をV字谷という。なお，U字谷は氷河によって形成される，断面がUの字のような谷地形である。

(2)　③

解説：
山から平地に出たところに形成される地形は扇状地で，おもに礫や砂が堆積する。

(3)　③

解説：
河口付近にできる地形は三角州で，おもに細かい砂や泥が堆積する。

(4)　①

解説：
海底で，大陸棚から続き，傾斜が急になるところを大陸斜面という。

(5)　③

解説：
地震や洪水などにより，堆積していたやわらかい堆積物が水中の斜面を流れ下る現象を乱泥流（混濁流）という。乱泥流によって運搬された堆積物をタービダイトという。

第 5 講　PART5　確認問題　解答

問 1

（1）　②

解説：

鉱物の化学組成や結晶構造が変化し，もととは異なる岩石に変化する作用を変成作用という。

（2）　③

解説：

広域変成作用でできる変成岩のうち，有色鉱物と無色鉱物が交互に縞状に並んだものを片麻岩という。

（3）　②

解説：

石灰岩が接触変成作用を受けると，結晶質石灰岩（大理石）が形成される。

（4）　①

解説：

結晶質石灰岩には，炭酸カルシウム $CaCO_3$ が結晶化した粗粒の（粒子の大きな）方解石が観察できる。

第 5 講　PART6　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：
地球内部の岩石をマグマに変化させる作用，マグマを火成岩に変化させる作用など，マグマが関連するさまざまな作用を火成作用という。

（2）　②

解説：
地表の岩石をその場で変化させる作用を風化作用という。物理的風化と化学的風化がある。

（3）　④

解説：
地表の岩石を運んで，積もらせる作用を堆積作用という。

（4）　③

解説：
堆積物を固めて堆積岩に変化させる作用を続成作用という。

（5）　⑤

解説：
岩石を，形成時とは異なる温度・圧力下に置いて，岩石中の鉱物を変化させる作用を変成作用という。

第 6 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：

地球の乾燥大気の成分は，窒素 78%，酸素 21%，アルゴン 0.9%，二酸化炭素 0.04%（いずれも体積%）などである。

(2)　③

解説：

乾燥大気の主成分とその割合は，地表から高度 80km までは，ほぼ一定である。

(3)　④

解説：

1 気圧は約 1013hPa である。

(4)　③

解説：

気圧は高度が 5500m 高くなるごとに約半分になっていく。

第 6 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
地表から高度約 10km までの層は対流圏とよばれ，空気が活発に対流している。

(2)　②

解説：
対流圏の上には成層圏がある。

(3)　②

解説：
成層圏は，上空ほど気温が高くなる。高度 20 ～ 30km にはオゾン層があり，太陽からの紫外線を吸収している。圏界面は対流圏の上端のことである。流星が発生するのはおもに熱圏である。

(4)　④

解説：
熱圏では，大気中の酸素や窒素が太陽からの X 線や紫外線を吸収して発熱している。

第 6 講　PART3　確認問題　解答

問 1

⑴　④

解説：

太陽定数は，約 1370W/m^2（1.37kW/m^2）である。

⑵　②

解説：

太陽は，可視光線を中心とする電磁波を放射している。

⑶　③

解説：

受け取った太陽放射のうち反射される量の占める割合をアルベドという。地球のアルベドは約 0.3 である。

⑷　③

解説：

地球は，赤外線を中心とする電磁波を放射している。

第 6 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
温室効果ガスは，太陽放射で多く放射されている可視光線をよく通す性質がある。

(2)　④

解説：
温室効果ガスは，地球放射で多く放射されている赤外線を吸収する。

(3)　①

解説：
温室効果ガスには，水蒸気，二酸化炭素，メタン，フロンなどがある。

(4)　③

解説：
地球大気に温室効果ガスがない場合，地表の平均気温は，－ 18℃になると計算されている。

第 6 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

水は液体から固体に変化するとき熱を放出し，液体から気体に変化するとき熱を吸収する。

(2)　②

解説：

状態変化にともなってやり取りされるエネルギーを潜熱という。

(3)　①

解説：

水蒸気が水に変化する状態変化を凝結という。

(4)　②

解説：

地表で液体の水が水蒸気になるときは熱を吸収し，大気中で水蒸気が液体の水になるときは熱を放出する。これは，エネルギー(熱)が地表から大気へ輸送されたことを意味する。

第 7 講　PART1　確認問題　解答

問 1

（1）　②

解説：
水蒸気からできた直径 0.01mm 前後の水滴や氷の粒を雲粒といい，雲粒が上昇気流に支えられて浮かんでいるのが雲である。

（2）　①

解説：
北半球の場合，低気圧の中心付近において，上昇気流が起こっており，地表付近では中心に向かって反時計回りに風が吹き込んでいる。

（3）　③

解説：
北半球の場合，高気圧の中心付近において，下降気流が起こっており，地表付近では中心から時計回りに風が吹き出している。

（4）　④

解説：
風は，気圧の高いところから低いところへ吹く。

第 7 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
赤道付近で上昇気流により雲が発生しやすい領域を，熱帯収束帯という。熱帯収束帯は，周囲より低圧で，風の収束する領域である。

(2)　②

解説：
亜熱帯高圧帯から熱帯収束帯の間の地上付近を吹く風を貿易風といい，北半球では北東の風である。

(3)　③

解説：
熱帯収束帯と亜熱帯高圧帯の間の大気の循環をハドレー循環という。

(4)　④

解説：
偏西風は，南北両半球ともに，西から東へ向かう風である。

第 7 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
海水中に含まれる塩類で最も多いのは，塩化ナトリウムである。

(2)　③

解説：
海水中の塩類全体に占める塩化ナトリウムの質量％は，約 78％である。

(3)　③

解説：
海水 1 kg(1000g) に含まれている塩類は，約 35g である。

(4)　①

解説：
赤道から中緯度にかけて，貿易風と偏西風によって生じる，大規模な海水の循環を環流という。

(5)　②

解説：
北半球の環流は時計回りに循環している。

第 7 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：
海洋を温度変化により 3 つの層に分けたとき，海面付近の層を，表層混合層という。

（2）　①

解説：
表層混合層の下で水温が急激に低下する層を，水温躍層という。

（3）　②

解説：
海洋の最も深い部分を形成している層を，深層という。

（4）　②

解説：
深層は，深さ約 1000m から海底までである。

（5）　④

解説：
深層を流れる海水は，北大西洋のグリーンランド沖と南極大陸周辺から沈み込んだものである。

（6）　③

解説：
水温が下がることや，塩分が上がることによって，海水の密度が大きくなり，沈み込む。

第7講　PART5　確認問題　解答

問１

(1)　②

解説：
低緯度では太陽放射＞地球放射，高緯度では太陽放射＜地球放射である。

(2)　①

解説：
地球全体でみた熱輸送量は，大気の方が海洋より大きい。

(3)　②

解説：
南北方向の熱輸送量は，赤道付近と極付近で小さく，中緯度地域で大きい。

(4)　③

解説：
亜熱帯高圧帯から熱帯収束帯へと吹き，水蒸気を輸送している風は貿易風である。

第 8 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

宇宙は今から約 138 億年前にビッグバンにより誕生したと考えられている。

(2)　①

解説：

宇宙は膨張を続けており，最初は超高温・超高密度の 1 点から始まったと考えられている。

(3)　①

解説：

水素の原子核はビッグバンから 10^{-5} 秒後に形成されたと考えられている。

(4)　④

解説：

ビッグバンから約 3 分後，2 個の陽子と 2 個の中性子からヘリウムの原子核が形成された。

(5)　③

解説：

宇宙の晴れ上がりは，ビッグバンから約 38 万年後に起こった。

第 8 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

太陽系は約 46 億年前に形成されたと考えられている。

(2)　③

解説：

星間塵が集まり，直径 10km ほどの大きさになったものを微惑星という。

(3)　④

解説：

微惑星どうしが衝突・合体を繰り返して，直径数千 km 程度になったものを原始惑星という。

(4)　④

解説：

核融合反応より，4 個の水素原子核が 1 個のヘリウム原子核に変わる。

(5)　①

解説：

中心部の温度が約 1000 万 K を超えて，中心付近で核融合反応が起こっている段階の恒星を主系列星という。

第 8 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
太陽系の 8 つの惑星は，太陽に近く岩石を主成分とする地球型惑星と太陽から遠くガスや氷を主成分とする木星型惑星に分類される。

(2)　②

解説：
太陽系の惑星で最も小さいのは水星，最も大きいのは木星である。

(3)　①

解説：
金星は二酸化炭素の厚い大気に覆われているため，温室効果により，表面は非常に高温となっている。

(4)　②

解説：
木星の大気の主成分は水素とヘリウムで，大気の流れにより渦模様が見られる。これを大赤斑という。

(5)　①

解説：
天王星と海王星の大気には 1 ～ 2%のメタンが含まれるため，青っぽく見える。

第9講　PART1　確認問題　解答

問１

(1)　②

解説：
堆積後に地層の逆転が起こっていなければ，上にある地層ほど新しい。これを地層累重の法則という。

(2)　①

解説：
一度堆積が止まり，再び堆積が起こって形成された不連続な上下の地層の関係を不整合という。

(3)　①

解説：
かぎ層には，広い範囲に短期間で堆積し，他の地層と区別しやすい地層が適している。

(4)　③

解説：
マグマが地層とほぼ平行に貫入してできた岩体を岩床という。

第 9 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

示準化石は，地層が堆積した時代を示す化石である。特定の時代にしか生息しなかった生物の化石が用いられる。

(2)　③

解説：

地球の地質年代は，約 5 億 4 千万年前を境に大きく 2 つに分けられる。

(3)　①

解説：

約 5 億 4 千万年前より新しい地層では，生物の化石が多く見つかっている。この時代を顕生代という。

(4)　①

解説：

顕生代は，古生代，中生代，新生代の 3 つの「代」からなる。

(5)　②

解説：

先カンブリア時代は，古いほうから順に，冥王代，太古代，原生代に分けられている。

第 9 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

原始地球を構成する物質の大部分がとけていたときの地球表面の状態をマグマオーシャンという。

(2)　①

解説：

最初に出現した酸素発生型の光合成生物はシアノバクテリアである。ストロマトライトはシアノバクテリアが作った構造物の名称である。

(3)　②

解説：

光合成で発生した酸素と海水中の鉄が結合して酸化鉄となり沈殿した結果，縞状鉄鉱層が形成された。

(4)　③

解説：

先カンブリア時代の最後に誕生した多細胞生物の生物群をエディアカラ生物群という。

第 9 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

古生代のはじめに，かたい殻をもった多様な動物が現れた。バージェス動物群はそのような化石群の一つである。

(2)　②

解説：

生物にとって有害な，太陽からの紫外線がオゾン層により吸収されるようになった。

(3)　②

解説：

最初に陸上に進出した脊椎動物は両生類である。

(4)　②

解説：

石炭紀に繁栄したシダ植物が，現在利用されている石炭のもとになった。

第 9 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
アンモナイトは古生代ではなく中生代の示準化石である。

(2)　①

解説：
イノセラムスは中生代の地層から産出する二枚貝である。

(3)　②

解説：
顕生代で最大規模の大量絶滅は，古生代ペルム紀末に起こった。

(4)　③

解説：
中生代末の大量絶滅は，小天体が地球に衝突したことにより引き起こされたとされている。

(5)　④

解説：
恐竜は中生代に栄え，中生代末の小天体衝突により絶滅したと考えられている。

第 9 講　PART6　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
貨幣石（ヌンムリテス）は，古第三紀に繁栄した大型の有孔虫である。

(2)　①

解説：
ビカリアは新第三紀の示準化石であり，熱帯性の汽水域に生息していた。

(3)　③

解説：
現在生息している人類は，すべてホモ・サピエンスである。

(4)　④

解説：
人類は，新しいものほど脳が大型化する傾向にある。

(5)　③

解説：
第四紀後半は，氷期と間氷期が約 10 万年周期で繰り返されている。

第9講　PART7　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
原生代初期に大気中の酸素が増加したことは，シアノバクテリアの酸素発生型光合成による。

(2)　③

解説：
大気中の二酸化炭素濃度は大まかには少しずつ減少してきた。

(3)　④

解説：
中生代最後の白亜紀は特に温暖な気候が続いた。

(4)　③

解説：
顕生代の気温はほとんどの期間で現在より高かったが，例外的にオルドビス紀後期，石炭紀の終わりからペルム紀のはじめ，第四紀は寒冷化し，大陸に氷床が発達した。

第 10 講　PART1　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：

エルニーニョ現象は数年に一度発生する。

（2）　②

解説：

エルニーニョ現象のときは貿易風が弱まっている。

（3）　②

解説：

エルニーニョ現象のとき，赤道太平洋西部の水温が平年より低く，上昇気流が平年より弱いため，日本の夏は冷夏になる傾向がある。

第10講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

地球の平均気温は，過去 100 年間で約 1℃上昇したと言われている。

(2)　④

解説：

平均気温の上昇の主な原因は，人間活動による二酸化炭素などの温室効果ガスの排出である。

(3)　①

解説：

1ppm は 100 万分の 1 の割合を表す。400ppm は

$$\frac{400}{1000000}=\frac{4}{10000}=\frac{0.04}{100}$$

より，0.04%である。

(4)　②

解説：

第四紀の氷期と間氷期のくり返しは，地球の軌道の変化などの天文学的な要因で起こったと考えられている。

第 10 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

オゾン層は成層圏内にあるオゾン濃度の高い部分である。

(2)　①

解説：

オゾンには紫外線を吸収するはたらきがある。

(3)　④

解説：

フロンは，かつて冷蔵庫やエアコンなどの冷媒として使用された。

(4)　③

解説：

フロンに含まれる塩素がオゾンを分解する。

(5)　④

解説：

フロンに含まれる塩素が冬の極成層圏雲に蓄積され，春になってオゾンの分解を引き起こすので，南極上空のオゾンホールは南半球の春にあたる 10 月ごろに最も拡大する。

(6)　②

解説：

フロンの寿命は長いため，オゾンホールの発生がなくなるには，あと数十年かかると考えられている。

第 11 講　PART1　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：

日本列島付近では，西高東低の冬型の気圧配置になる。

（2）　①

解説：

大陸側（日本列島から見て北西）から太平洋側（日本列島から見て南東）への季節風だから，風向は北西である。

（3）　①

解説：

海面付近の温度は年間を通してほぼ一定に保たれているが，陸の温度は暖まりやすく冷えやすいので，冬は温度が大きく下がって，陸に高気圧，海に低気圧ができる。

（4）　②

解説：

低気圧が本州南岸に沿って進むと，日本列島の太平洋側に降雪をもたらすことがある。

第 11 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
中緯度に位置する日本では，偏西風の影響で，西から東へ天気が移り変わる。

(2)　②

解説：
地球放射によって地表の温度が下がることを放射冷却という。雲がない晴れた日の夜間には，地球放射が温室効果をもたらす雲や水蒸気に吸収されずに宇宙空間に放射されるため，放射冷却による地表付近の気温の低下が強まる。

(3)　③

解説：
日本海で温帯低気圧が発達すると，暖かい南寄りの強い風が吹き込むことがある。立春（2 月 4 日ごろ）から春分（3 月 20 日ごろ）までの間に初めて吹くこのような風が，春一番である。

(4)　①

解説：
温帯低気圧による強風の影響で，積雪地帯では雪どけによる雪崩や河川の急な増水などが起こることがある。

第 11 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

日本列島付近の梅雨前線は，太平洋高気圧とオホーツク海高気圧の間に形成される。

(2)　④

解説：

梅雨前線は停滞前線の一種である。

(3)　②

解説：

斜面の土砂が急激に崩れることをがけ崩れ（斜面崩壊）という。

(4)　①

解説：

地盤全体がゆっくりとすべり落ちることを地すべりという。

第 11 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
日本の夏は，太平洋高気圧に覆われ，暖かく湿った風が吹くので，気温・湿度がともに高くなりやすい。

(2)　③

解説：
大陸側に低気圧，太平洋側に高気圧があり，等圧線の間隔が広く，風が弱い傾向がある。

(3)　①

解説：
強い太陽放射により強い上昇気流が発生し，積乱雲が形成される。

(4)　③

解説：
風が弱いことで，発汗後の自身の周りの湿度が上がるため，体温調節がしにくくなる。

第 11 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

北西太平洋または南シナ海に存在する熱帯低気圧のうち，最大風速が約 17m/s を超えるものを台風という。

(2)　③

解説：

台風は，低緯度では貿易風によって東から西へ移動する。

(3)　④

解説：

台風は，北上後，中緯度では偏西風の影響で西から東へ移動する。

(4)　③

解説：

吸い上げと吹きよせの 2 つの効果で海面が上昇する現象を高潮という。

第 11 講　PART6　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
SiO_2 の割合が比較的少なく，粘性の低い溶岩が流れる現象を溶岩流という。

(2)　③

解説：
SiO_2 の割合の多いマグマの噴火では，火山ガスと火山砕屑物が混ざって，高速で地表を流れることがあり，これを火砕流という。

(3)　②

解説：
堆積していた火山砕屑物が，雨水や雪どけ水と混ざって高速で地表を流れる現象を火山泥流といい，特に雨水が原因となる場合を土石流とよぶことがある。

(4)　④

解説：
火山灰は粒が小さいため，上空高く吹き上げられて遠方にまで降りそそぐ。

第 11 講　PART7　確認問題　解答

問 1

（1）　②

解説：

内陸部で大きな地震が発生すると山地では地すべりなどの土砂災害が起こることが多い。

（2）　①

解説：

津波の速度は水深が深いほど大きい。また，津波の高さは水深が浅いほど高い。

（3）　③

解説：

P 波のほうが S 波より早く伝わるので，先に観測される P 波の情報をもとに，S 波による大きなゆれを予測して，事前に知らせている。

第 11 講　PART8　確認問題　解答

問 1

（1）　④

解説：

災害によって被害が生じる場所やその程度を地図上に示したものをハザードマップという。

（2）　④

解説：

ハザードマップは，過去に起こった災害の記録等をもとに，今後の危険性を予測したものである。

（3）　④

解説：

積極的に情報の収集を行い，警戒レベル 5 になるまでに避難を完了させることが重要である。

第 11 講　PART9　確認問題　解答

問 1

（1）　①

解説：

火山の分布の海溝側の限界線を火山前線（火山フロント）という。

（2）　③

解説：

山間部で河川の侵食作用によってできる地形は V 字谷である。

（3）　①

解説：

地球上の水のうち約 97％が海水で，残りもほとんどが氷や地下水であり，利用しやすい川や湖などの水は全体の約 0.01％だけである。

（4）　②

解説：

原子力エネルギーは，有限な資源であるウランを必要とし，再生可能エネルギーではない。

第 12 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

体積 10cm^3 で質量 32g であるから，1cm^3 あたりでは

32 ÷ 10 = 3.2

より 3.2g である。よって，体積 25cm^3 の質量は

3.2 × 25 = 80

より 80gだといえる。

(2)　①

解説：

1cm^3 あたり 3.2g なので，$x$cm^3 で yg だとすると，

$y = 3.2x$ と表せる。

問 2

(1)　③

解説：

30 万 km/s の速さで 8 分 20 秒＝ 500 秒かかるから，

300000 × 500 = 150000000 より，1 億 5 千万 km

である。

$(3 \times 10^5) \times (5 \times 10^2) = 15 \times 10^7 = 1.5 \times 10^8$

であり，10^8 = 1 億であることから 1 億 5 千万 km と考えてもよい。

(2)　②

解説：

38 万 km を 30 万 km/s の速さで進むと，かかる時間は

38 万÷ 30 万＝ 38 ÷ 30 ＝ 1.266…

より，約 1.3秒である。

問 3

(1)　②

解説：

相似な図形では, 長さが a 倍になると体積は a^3 倍になる。A の体積は B の体積の 8 倍であるから，$8 = 2^3$ より，半径は 2 倍である。

(2)　②

解説：

相似な図形では，長さが a 倍になると面積は a^2 倍になる。Aの半径はBの半径の2倍であるから, 表面積は4倍である。

第12講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

流体中の物体が受ける浮力の大きさは，その物体が押しのけた流体の重さに等しい。これを，アルキメデスの原理という。

(2)　③

解説：

流体より密度の小さい物体を沈めると，重力よりも浮力の方が大きくなるため，物体は流体中を上昇し，浮かび上がる。

問 2

(1)　①

解説：

原子は，原子核と電子からなる。

(2)　②

解説：

原子核は陽子と中性子からなる。

(3)　③

解説：

陽子と中性子はさらに小さい素粒子から構成されている。電子は素粒子の一種である。

第12講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

圧力一定の条件では，気体の溶解度は温度が高いほど小さい。

(2)　②

解説：

ヘンリーの法則によると，温度が一定のとき，一定量の溶媒に対する気体の溶解度は，圧力が高いほど大きい。

問 2

(1)　②

解説：

固体が液体になる状態変化を融解，液体が気体になる状態変化を蒸発という。よって，氷 18g が水 18g になるときのエンタルピー変化は水の融解エンタルピー，水 18g が水蒸気 18g になるときのエンタルピー変化は水の蒸発エンタルピーとよばれる。

(2)　①

解説：

エンタルピー変化は一定の圧力の下で物質に熱を与えたときのエネルギーの変化であり，熱を加えるときの符号は正になる。氷に熱を加えると水になり，水に熱を加えると水蒸気になるので，イとウの値はいずれも正だといえる。

第 12 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）　④

解説：

遺伝子が核膜に包まれている細胞を真核細胞といい，真核細胞からなる生物を真核生物という。また，酸素を消費してエネルギーを生み出す細胞小器官はミトコンドリアである。

（2）　②

解説：

3 ドメイン説では，生物を「細菌」「古細菌」「真核生物」の 3 つのグループに分ける。

（3）　①

解説：

水から取り出した水素を用いて，二酸化炭素を還元し，有機物を得る。水から水素を取り出す際に，酸素が発生する。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。